

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

(11)Publication number : 11-020165  
(43)Date of publication of application : 26.01.1999

1)Int.CI.	B41J	2/045
	B41J	2/055
	B41J	2/205
	H04N	1/23

1)Application number : 10-123948 (71)Applicant : SEIKO EPSON CORP  
2)Date of filing : 16.04.1998 (72)Inventor : YONEKUBO SHUJI

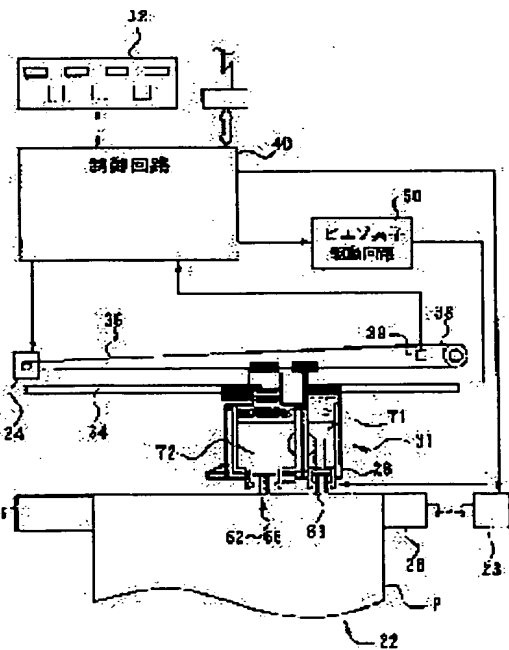
0)Priority  
Priority number : 09117332    Priority date : 07.05.1997    Priority country : JP

#### 4) APPARATUS AND METHOD FOR DRIVING INK-JET RECORDING HEAD AND PRINTING APPARATUS USING THE APPARATUS

### 7)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To widen a range of a recording dot diameter more by selecting a first, a second driving pulses in one recording cycle when larger dots than dots formed by a first, a second ink drops are to be obtained, and driving a pressure generation element by a driving signal including the selected driving pulses.

**SOLUTION:** A piezoelectric element circuit 50 controls a waveform of a driving signal in accordance with outputs of an address, a clock signals from a control circuit 40. The driving signal comprises a first, a second pulses discharging smaller or larger ink drops in a recording cycle corresponding to one recording pixel. The first pulses are selected singly, or the first, second pulses are selected continuously, whereby a small dot diameter, or a large dot diameter is obtained. When the first, second pulses are continuously selected, a small ink drop is discharged first and a large ink drop is discharged thereafter while a carriage 11 is moved in a main scan direction. A scan speed of the carriage and a discharge timing of both ink drops are adjusted in accordance with a distance between the carriage and a paper, so that both ink drops are brought to the paper with the same timing.



## LEGAL STATUS

Date of request for examination]	25.06.2001
Date of sending the examiner's decision of rejection]	
Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]	
Date of final disposal for application]	
Patent number]	3389859

## NOTICES \*

pan Patent Office is not responsible for any  
 mages caused by the use of this translation.

This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.  
 \*\*\* shows the word which can not be translated.  
 n the drawings, any words are not translated.

---

 CLAIMS
 

---

claim(s)]

claim 1] By operating the pressure generating component prepared corresponding to each of two or more nozzle  
 fices The 1st driving pulse for being the driving gear of the ink jet recording head which makes an ink droplet breathe  
 t from said nozzle orifice, and making the 1st ink droplet breathe out from said two or more nozzles, A drive signal  
 neration means to generate the driving signal which comes to contain the 2nd driving pulse for making the 2nd bigger  
 : droplet than said 1st ink droplet breathe out from these two or more nozzles, With a driving pulse selection means to  
 pose at least one driving pulse in said each driving pulse within 1 record period corresponding to a pre-record pixel,  
 d said driving signal containing the this chosen driving pulse When it is going to form a larger dot than the component  
 ving means which drives said pressure generating component, and the dot formed of the 1st or 2nd ink droplet of an  
 count The driving gear of the ink jet recording head equipped with the large dot means forming which chooses said  
 : 1st driving pulse and said 2nd driving pulse into said 1 record period, and forms a large dot on said record medium  
 the ink droplet according to both driving pulses with said pulse selection means.

claim 2] The pressure generating room which is the driving gear of an ink jet recording head according to claim 1, and  
 : volume is reduced according to deformation of this pressure generating component, and increases the fluid pressure  
 ink It is open for free passage and prepares in the ink path to said nozzle. Said drive signal generation means While  
 ming as a pulse which has at least the 1st signal as for which said 2nd driving pulse expands said pressure generating  
 om, the 2nd signal holding an expansion condition, and the 3rd signal which contracts said pressure generating room  
 e time difference of the timing of said 1st expulsion of an ink droplet, and the initiation timing of said 1st signal of  
 d 2nd driving pulse The driving gear of the ink jet recording head which it is longer than the meniscus return time  
 ount TR from said 1st expulsion of an ink droplet, and is defined as time amount shorter than TR+3 and Tm / 8 (Tm  
 a meniscus proper oscillation period).

claim 3] The driving gear of the ink jet recording head equipped with a detection means to be the driving gear of an ink  
 recording head according to claim 2, and to detect the parameter reflecting the description of the ink which  
 ticipates in extent of the regurgitation of said ink, and the timing modification means which carries out adjustable  
 f the time difference of the timing of said 1st expulsion of an ink droplet, and the initiation timing of said 1st signal ]  
 the initiation timing of said 1st signal based on the parameter detected by this detection means.

claim 4] Said detection means is the driving gear of the ink jet recording head according to claim 3 which is the sensor  
 ich detects the temperature of said ink as said parameter, and carries out adjustable [ of the time difference of the  
 ing of said 1st expulsion of an ink droplet, and the initiation timing of said 1st signal ] to a long side as the this  
 ected temperature serves as an elevated temperature from low temperature.

claim 5] While opening for free passage and establishing the pressure generating room which is the driving gear of an  
 : jet recording head according to claim 1, and the volume is reduced according to deformation of this pressure  
 erating component, and increases the fluid pressure of ink in the ink path to said nozzle Said drive signal generation  
 ans the time difference of the timing of said 1st expulsion of an ink droplet, and the timing of said 2nd expulsion of  
 ink droplet The driving gear of the ink jet recording head made into the means defined as time amount in  
 nsideration of period-of-vibration Tc by helmholtz resonance of the ink of said pressure generating interior of a room.

claim 6] The driving gear of the ink jet recording head made into the means defined as time amount which is the  
 ving gear of an ink jet recording head according to claim 2, and took into consideration period-of-vibration Tc  
 ording the time difference of the timing of said 1st expulsion of an ink droplet, and the timing of said 2nd expulsion  
 an ink droplet in said drive signal generation means to helmholtz resonance of the ink of said pressure generating  
 erior of a room.

claim 7] It is the driving gear of the ink jet recording head made into a means to set as an integral multiple of period-

-vibration  $T_c$  are the driving gear of an ink jet recording head according to claim 5, and according [ said drive signal generation means ] the time difference of the timing of said 1st expulsion of an ink droplet, and the timing of said 2nd expulsion of an ink droplet to said helmholtz resonance.

claim 8] A detection means to be the driving gear of an ink jet recording head according to claim 5, and to detect the parameter which affects extent of the regurgitation of said ink, It is based on the parameter detected by this detection means. The time difference of the timing of said 1st expulsion of an ink droplet, and the timing of said 2nd expulsion of an ink droplet The driving gear of the ink jet recording head equipped with the means which makes adjustable said  $T_c$  (integer  $+1/2$ ) period  $T_c$  as said ink became is easy to be breathed out.

claim 9] By operating the pressure generating component prepared corresponding to each of two or more nozzle orifices The 1st driving pulse for being the drive approach of an ink jet recording head of making an ink droplet breathe out from said nozzle orifice, and making the 1st ink droplet breathe out from said two or more nozzles, The driving signal which comes to contain the 2nd driving pulse for making the 2nd bigger ink droplet than said 1st ink droplet breathe out from these two or more nozzles is generated. At least one driving pulse in said each driving pulse is chosen within 1 record period corresponding to a record pixel. When it is going to form a larger dot than the dot formed by the 1st or 2nd ink droplet of an account The drive approach of an ink jet recording head of driving said pressure generating component with said driving signal which chooses said the 1st driving pulse and said 2nd driving pulse into said 1 record period, and contains the this chosen driving pulse.

claim 10] When it is the drive approach of an ink jet recording head according to claim 9 and said driving pulse is generated, The 1st signal which expands the pressure generating room which the volume is reduced according to formation of said pressure generating component in said 2nd driving pulse, and increases the fluid pressure of ink, while forming as a pulse which has at least the 2nd signal holding this expansion condition, and the 3rd signal which contracts said pressure generating room The time difference of the timing of said 1st expulsion of an ink droplet, and the initiation timing of said 1st signal of said 2nd driving pulse The drive approach of the ink jet recording head which it is longer than the meniscus return time amount  $TR$  from said 1st expulsion of an ink droplet, and is made into time amount shorter than  $TR+3$  and  $T_m / 8$  ( $T_m$  is a meniscus proper oscillation period).

claim 11] The drive approach of the ink jet recording head which is the drive approach of an ink jet recording head according to claim 9, and is defined as time amount in consideration of period-of-vibration  $T_c$  according the time difference of the timing of said 1st expulsion of an ink droplet, and the timing of said 2nd expulsion of an ink droplet to helmholtz resonance of the ink of said pressure generating interior of a room in case said driving pulse is generated.

claim 12] By operating the pressure generating component prepared corresponding to each of two or more nozzle orifices By the ink droplet which is equipped with the ink jet recording head which makes an ink droplet breathe out from said nozzle orifice, and is breathed out from this nozzle A printing data input means to be the airline printer which records an image on a record medium, and to input further the printing data which constitute an image and which have a gradation value for every pixel, The 1st driving pulse for making the 1st ink droplet breathe out from said two or more nozzles, Within a drive signal generation means to generate the driving signal which comes to contain the 2nd driving pulse for making the 2nd bigger ink droplet than said 1st ink droplet breathe out from these two or more nozzles, and 1 record period corresponding to a record pixel [ whether based on the gradation value of said inputted printing data, either of said 1st and 2nd driving pulse is chosen, and the regurgitation of the ink droplet is carried out, and ] A driving pulse selection means to determine whether to choose only either of said 1st or 2nd driving pulse, or choose said both 1st and 2nd driving pulses, The airline printer equipped with the component driving means which drives said pressure generating component with said driving signal containing the this selected driving pulse.

claim 13] The pressure generating room which is an airline printer according to claim 12, and the volume is reduced according to deformation of this pressure generating component, and increases the fluid pressure of ink It is open for free passage and prepares in the ink path to said nozzle. Said drive signal generation means While forming as a pulse which has at least the 1st signal as for which said 2nd driving pulse expands said pressure generating room, the 2nd signal holding this expansion condition, and the 3rd signal which contracts said pressure generating room The time difference of the timing of said 1st expulsion of an ink droplet, and the initiation timing of said 1st signal of said 2nd driving pulse The airline printer which is the means which it is longer than the meniscus return time amount  $TR$  from said 1st expulsion of an ink droplet, and is defined as time amount shorter than  $TR+3$  and  $T_m / 8$  ( $T_m$  is a meniscus proper oscillation period).

claim 14] While opening for free passage and establishing the pressure generating room which is an airline printer according to claim 12, and the volume is reduced according to deformation of this pressure generating component, and increases the fluid pressure of ink in the ink path to said nozzle The airline printer made into the means defined as time amount in consideration of period-of-vibration  $T_c$  according the time difference of the timing of said 1st expulsion of an

droplet, and the timing of said 2nd expulsion of an ink droplet in said drive signal generation means to helmholtz resonance of the ink of said pressure generating interior of a room.

---

translation done.]

## NOTICES \*

pan Patent Office is not responsible for any  
 mages caused by the use of this translation.

This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

In the drawings, any words are not translated.

---

 DETAILED DESCRIPTION
 

---

[Detailed Description of the Invention]

[001]

[Field of the Invention] This invention relates to the driving gear of the ink jet recording head which carries out the regurgitation of the ink droplet of magnitude which is different from the same nozzle and its approach, and the airline inter using this driving gear further.

[002]

[Description of the Prior Art] An ink jet printer performs two or more multiple-value-ization to the image which it is ing to print, and is controlling formation of the dot to a record-medium top by each nozzle of a recording head based the signal of turning on and off of the dot obtained as a result of multiple-value-izing. An ink droplet is breathed out m two or more nozzles on a recording head to predetermined timing, respectively, and, specifically, it is considering the configuration which records because each of these ink droplets form a dot in the front face of record media, such the recording paper. Fundamentally, by pressurizing a short time and ink extremely at the ink path which results in a zzle, the pressurized ink serves as an ink droplet from a nozzle tip, and it is breathed out by the technique of carrying t the regurgitation of the ink. \*\*\*\*\*, such as a method which generates a pressure by difference of the nerating mechanism of the pressure applied to ink using an electrostriction component, and a method with generating the air bubbles by heating which is and applies a pressure. Even if it adopted which mechanism, middle gradation is unrecordable, if it was very difficult to control continuously and freely the ink weight of the ink droplet which does t carry out whether the regurgitation of the ink droplet is carried out, or [ that is, ] does not pass to perform on-off ntrol of a dot, but is breathed out by the ink jet method which carries out the regurgitation of the ink from a nozzle tip d remained as it is.

[003] Then, conventionally, in order to express middle gradation, technique, such as area gradation, a dither method, d an error diffusion method, is proposed. If record of the middle gradation by area gradation is taken for an example, ord of middle gradation will be realized by expressing one pixel by two or more dots of 4x4 and 8x8 grade. A shade n be expressed with 16 gradation (it is 17 gradation when all whites are included) if one pixel is expressed by the dot trix of 4x4. If the resolution of a pixel is raised, a gradation expression can be performed more densely. However, if adation is raised without changing the diameter of a record dot, substantial resolution will fall. Moreover, when the umer of a record dot in the record paper is large, the graininess of a low concentration field comes to be nspicuous. Therefore, it is necessary to make small the diameter of a dot which lessens weight of an ink droplet and rords it.

[004] In order to make the diameter of a dot small, it is said that it makes it contract once it expands the volume of the ssure generating room the ink path was connected [ pressure / JP,55-17589,A ], for example as a technique which ries out the regurgitation of the ink droplet with small ink weight as indicated -- being the so-called -- "-- lengthening striking -- " -- what is performed is known. In order that the ink apical surface (meniscus) in a nozzle may retreat by ce enlarging the volume of a pressure generating room, the ink droplet which carries out the regurgitation from a zzle at the time of pressurization becomes small, and it becomes possible to make the diameter of a record dot small.

[005] Although the graininess in a low concentration field cannot be conspicuous and record quality can be raised if : diameter of a record dot becomes small, a recording rate falls sharply. For example, when using only the dot of the nor diameter made into the abbreviation one half of the usual diameter of a record dot, 4 times [ at the time of using : usual diameter of a record dot ] as many chart lasting time as this is required. Neither is easy although what is cessary is to raise the drive frequency which carries out the regurgitation of the ink droplet 4 times, or just to increase : number of nozzles 4 times, in order to prevent the fall of a recording rate.

[006] Then, the technique which is made to breathe out the ink droplet of weight which is different from the same

zzle, and enables gradation record is also proposed (for example, U.S. Pat. No. 5,285,215 specification). With this technique, before acting as two or more shot student of the very small ink droplet and reaching the target in the record per by generating two or more same pulse signals in one record period, the very small ink droplet of these plurality ids to be made to coalesce, and it is going to generate the big ink droplet.

007]

problem(s) to be Solved by the Invention] According to the technique given [ said ] in an official report, it is possible to ntrol the regurgitation of a very small ink droplet and the regurgitation of the big ink droplet in which two or more ink oplets coalesced, but in order to make two or more ink droplets with the almost same magnitude coalesce certainly fore recording paper impact, many conditions, such as relation between the distance from a nozzle tip to the recording per, or the regurgitation rate of an ink droplet and the passing speed of a head, must be fulfilled. Similarly, the justable range of the diameter of a record dot also had the problem of being narrow.

008] This invention is made for the purpose of solving the starting problem, and offers the driving gear of the ink jet cording head which can make large further the adjustable range of the diameter of a record dot, its approach, and the line printer using the driving gear of this recording head.

009]

he means for solving a technical problem, and its operation and effectiveness] The next configuration was used for s invention in order to solve a part of such a problem [ at least ]. Namely, the driving gear of the ink jet recording ad of this invention By operating the pressure generating component prepared corresponding to each of two or more zzzle orifices The 1st driving pulse for being the driving gear of the ink jet recording head which makes an ink droplet eathe out from said nozzle orifice, and making the 1st ink droplet breathe out from said two or more nozzles, A drive gnal generation means to generate the driving signal which comes to contain the 2nd driving pulse for making the 2nd gger ink droplet than said 1st ink droplet breathe out from these two or more nozzles, With a driving pulse selection eans to choose at least one driving pulse in said each driving pulse within 1 record period corresponding to a record el, and said driving signal containing the this chosen driving pulse When it is going to form a larger dot than the mponent driving means which drives said pressure generating component, and the dot formed of the 1st or 2nd ink oplet of an account With said pulse selection means, said the 1st driving pulse and said 2nd driving pulse are chosen o said 1 record period, and it is making into the summary to have had the large dot means forming which forms a ge dot on said record medium by the ink droplet according to both driving pulses.

010] Invention of the drive approach of the recording head corresponding to the driving gear of this recording head By erating the pressure generating component prepared corresponding to each of two or more nozzle orifices The 1st iving pulse for being the drive approach of an ink jet recording head of making an ink droplet breathing out from said zzzle orifice, and making the 1st ink droplet breathe out from said two or more nozzles, The driving signal which mes to contain the 2nd driving pulse for making the 2nd bigger ink droplet than said 1st ink droplet breathe out from se two or more nozzles is generated. At least one driving pulse in said each driving pulse is chosen within 1 record riod corresponding to a record pixel. When it is going to form a larger dot than the dot formed of the 1st or 2nd ink oplet of an account It is making to drive said pressure generating component into the summary with said driving gnal which chooses said the 1st driving pulse and said 2nd driving pulse into said 1 record period, and contains the this osen driving pulse.

011] According to the driving gear and the drive approach of this ink jet recording head, at least one driving pulse in ch driving pulse corresponding to the 1st and 2nd ink droplet from which magnitude differs is chosen within 1 record riod, and a pressure generating component is driven with the driving signal containing this driving pulse. Therefore, dot by the 1st ink droplet formed corresponding to the 1st driving pulse, The dot by the 2nd ink droplet formed rresponding to the 2nd driving pulse, By being able to form the dot by the 1st and 2nd ink droplets formed rresponding to both of the 1st and 2nd driving pulses, and using two of dots of this at least Multiple-value-ization yond the formation of 3 of forming bigger dot than this values which does not form a dot and which forms a small dot a be performed.

012] Moreover, by the driving gear and the drive approach of this ink jet recording head, the pressure generating room ich the volume is reduced according to deformation of a pressure generating component, and increases the fluid ssure of ink is opened for free passage and established in the ink path to said nozzle, and it is possible to define othor side and a driving signal as follows, and to control them. While forming one as a pulse which has at least the 1st nal as for which the 2nd driving pulse expands said pressure generating room, the 2nd signal holding an expansion ndition, and the 3rd signal which contracts said pressure generating room The time difference of the timing of said 1st pulsion of an ink droplet, and the initiation timing of said 1st signal of said 2nd driving pulse It is longer than the niscus return time amount TR from said 1st expulsion of an ink droplet, and is the configuration defined as time

ount shorter than  $TR+3$  and  $T_m / 8$  ( $T_m$  is a meniscus proper oscillation period). By adopting this configuration, it comes easy using a motion of the ink by the meniscus return from the 1st expulsion of an ink droplet to carry out the ink droplet as a big ink droplet.

013] In this case, the regurgitation of ink is carried out and easy is influenced according to various descriptions of ink. For example, if the viscosity of ink becomes high, it becomes that it is hard to be breathed out, and even if it gives the same driving signal, it will be thought that an ink droplet becomes small. Since it is influenced with the temperature of the ink to which the regurgitation of ink is carried out and easy indicates strong correlation to be the viscosity of ink, or viscosity, if the timing of the 1st signal of the 2nd driving pulse is defined to the always same timing, the case where the magnitude of an ink droplet turns into non-wanting magnitude according to the viscosity of ink can be considered. Then, the rose meter (for example, ink temperature etc.) reflecting the viscosity of ink or this is detected, and it is also suitable to carry out adjustable [ of the time difference of the timing of said 1st expulsion of an ink droplet and the initiation timing of said 1st signal ] for the initiation timing of said 1st signal based on the this detected parameter.

014] It is also suitable to carry out adjustable [ of the time difference of the timing of the 1st expulsion of an ink droplet and the initiation timing of the 1st signal of the 2nd driving pulse ] to a long side in usual ink, as said detected temperature serves as an elevated temperature from low temperature since the viscosity becomes so low that temperature becomes high. In this case, magnitude of the 2nd ink droplet cannot be depended on ink temperature, but can be kept comparable.

015] Vibration by the helmholtz resonance expected for the above-mentioned configuration to take into consideration big motion of the ink that a meniscus vibrates with the vibration frequency of a proper after returning to the original position once the interface (meniscus) at the tip of ink retreats greatly when the 1st ink droplet is breathed out, but to depend for it on the rigidity of an ink path or a pressure generating room or a configuration if a motion of ink is served in a detail exists. Therefore, it is also effective to generate a driving signal in consideration of the period of vibration by this helmholtz resonance. Also in this case, it will set as time amount which opened for free passage and established the pressure generating room which the volume is reduced according to deformation of a pressure generating component, and increases the fluid pressure of ink in the ink path to said nozzle, and took into consideration period-of-vibration  $T_c$  according the time difference of the timing of said 1st expulsion of an ink droplet, and the timing of said 1st expulsion of an ink droplet to helmholtz resonance of the ink of said pressure generating interior of a room.

016] By deciding the timing of the 2nd pulse which generates the 2nd ink droplet in consideration of the proper oscillation of the ink of an ink path, it becomes possible to control the magnitude of the 2nd ink droplet finely. In addition, even if it performs this control in piles with control in consideration of the meniscus return time amount mentioned above, it is suitable.

017] It is possible that the time difference of the timing in consideration of a resonant frequency of said 1st expulsion of an ink droplet and the timing of said 2nd expulsion of an ink droplet determines, and this time difference is defined as direction as an integral multiple of period-of-vibration  $T_c$  by helmholtz resonance of the ink of the pressure generating interior of a room, for example. In the case of an integral multiple, the weight of the 2nd ink droplet can be raised using proper oscillation.

018] In addition, when the regurgitation of ink is carried out and easy fluctuates by change of descriptions, such as temperature of ink, it is possible [ it ] to become the non-wanting amount of ink as a result having made the amount of ink which carries out the regurgitation in consideration of the period of vibration by helmholtz resonance always increase. Therefore, the parameter which the regurgitation of ink was carried out and reflected easy, for example, ink, viscosity (or temperature of the ink reflecting this etc.) is detected. It is based on this parameter. The time difference of the timing of the regurgitation of said 1st ink droplet, and the timing of said 2nd expulsion of an ink droplet It is good so as what makes adjustable twice (integer  $+1/2$ ) period-of-vibration  $T_c$  by helmholtz resonance as ink becomes is easy to be breathed out with said detected parameter. Even if it becomes that the description of ink changes also in this case and it is easy to be breathed out, the weight of an ink droplet is kept comparable.

019] Furthermore, the driving gear of the ink jet recording head mentioned above considers invention of the airline printer which applied the drive approach again, and can do things. This airline printer by operating the pressure generating component prepared corresponding to each of two or more nozzle orifices By the ink droplet which is supplied with the ink jet recording head which makes an ink droplet breathe out from said nozzle orifice, and is breathed out from this nozzle A printing data input means to be the airline printer which records an image on a recording medium, and to input further the printing data which constitute an image and which have a gradation value for every pixel, The 1st driving pulse for making the 1st ink droplet breathe out from said two or more nozzles, Within a drive signal generation means to generate the driving signal which comes to contain the 2nd driving pulse for making the 2nd larger ink droplet than said 1st ink droplet breathe out from these two or more nozzles, and 1 record period



responding to a record pixel [ whether based on the gradation value of said inputted printing data, neither of said 1st and 2nd driving pulse is chosen, and the regurgitation of the ink droplet is carried out, and ] A driving pulse selection means to determine whether to choose only either of said 1st or 2nd driving pulse, or choose said both 1st and 2nd driving pulses, It is making into the summary to have had the component driving means which drives said pressure generating component with said driving signal containing the this selected driving pulse.

[20] Based on the gradation value of the inputted printing data, this airline printer chooses at least one driving pulse in which driving pulse corresponding to the 1st and 2nd ink droplet from which magnitude differs within 1 record period, and drives a pressure generating component with the driving signal containing this driving pulse. Therefore, the dot by the 1st ink droplet formed corresponding to the 1st driving pulse, The dot by the 2nd ink droplet formed corresponding to the 2nd driving pulse, By being able to form the dot by the 1st and 2nd ink droplets formed corresponding to both of the 1st and 2nd driving pulses, and using two of dots of this at least Multiple-value-ization beyond the formation of 3 of forming bigger dot than this values which does not form a dot and which forms a small dot can be performed.

Consequently, without being able to form easily and certainly the dot by the small ink droplet, and the dot by the big ink droplet, and falling a print speed, the quality of the image to form can be boiled markedly and it can improve.

[21] In addition, also in this airline printer, it is also suitable to define the relation between the 1st pulse signal and the 2nd pulse signal in consideration of the period  $T_m$  of the meniscus return time amount  $TR$  or its proper oscillation or the resonant frequency  $T_c$  of the ink of an ink path.

[22]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of operation of this invention is explained based on an example.

The outline configuration of an airline printer : plan the facilities of explanation and explain from the whole airline printer configuration first. Drawing 2 is the block diagram showing the configuration of the airline printer as one example of this invention. The scanner 12 and the color printer 22 are connected to the computer 90, and it functions as an airline printer as a whole by loading a predetermined program to this computer 90, and performing so that it may operate. This computer 90 is equipped with following each part mutually connected by the bus 80 focusing on CPU81 which performs various data processing for controlling the actuation in connection with an image processing according to a program so that it may illustrate. ROM82 stores beforehand a program and data required at CPU81 to perform various data processing, and RAM83 is memory by which various programs and data required to perform various data processing by CPU81 similarly are written temporarily. The input interface 84 manages the input of the signal from a scanner 12 or a keyboard 14, and the output interface 85 manages the output of the data to a printer 22. CRTC86 controls the signal output to CRT21 in which color display is possible, and a disk controller (DDC) 87 controls transfer of the data between a hard disk 16, or the flexible drive 15 or the CD-ROM drive which is not illustrated. The various programs with which a hard disk 16 is provided in the form of [ which is loaded to RAM83 and performed ] various programs or a device driver are memorized.

[23] In addition, the serial input/output interface (SIO) 88 is connected to the bus 80. It connects with the modem 18 and this SIO88 is connected to the dial-up line PNT through the modem 18. It is also possible by connecting the computer 90 to the external network through this SIO88 and modem 18, and connecting with the specific server SV to download a program required for an image processing to a hard disk 16. Moreover, it is also possible to load a required program by the flexible disk FD and CD-ROM, and to perform a computer 90.

[24] Drawing 3 is the block diagram showing the configuration of the software of this airline printer. By computer 90, an application program 95 is operating under a predetermined operating system. The video driver 91 and the printer driver 96 are included in the operating system, and the middle image data MID for transmitting to a printer 22 will be inputted to it through these drivers from an application program 95. The application program 95 which performs the touch of an image etc. reads an image from a scanner 12, and it shows the image to CRT display 21 through a video driver 91, performing predetermined processing to this. The data ORG supplied from a scanner 12 are the original color picture data ORG which are read in a color copy and consist of a color component of (Red R) Green (G) and three colors of blue (B).

[25] If this application program 95 emits a printing instruction, the printer driver 96 of a computer 90 will change image information into reception from an application program 95, and will have changed this into the signal (signal multiple-value-ized about each color of cyanogen, MAGENTA, yellow, and black here) which can process a printer 22. The interior of a printer driver 96 is equipped with the resolution conversion module 97, the color correction module 98, a color correction table LUT and the halftone module 99, and the rasterizer 100 in the example shown in drawing 6 .

[26] The resolution conversion module 97 plays the role changed into the resolution of the color picture data which an application program 95 is treating, i.e., the resolution in which a printer driver 96 can treat the number of pixels per unit length. In this way, since the image data by which resolution conversion was carried out is image information

which still consists of three colors of RGB, it is changed into the data of each color of the cyanogen (C) which a printer uses for every pixel, MAZENDA (M), yellow (Y), and black (K), the color correction module 98 referring to the color correction table LUT. In this way, the data by which color correction was carried out have the gradation value by depth of face, such as for example, 256 gradation. A halftone module performs half toning for a printer 22 to express a gradation value by distributing and forming a dot. In this example, since the expression of three values of dot, small dot formation, and large dot formation is possible for a printer 22, it is performing 3 value-ization about each pixel, so that it may mention later. In this way, the processed image data is rearranged in order of the data which could be transmitted to a printer 22 by the rasterizer 100, and is outputted as final image data FNL. In this example, it is only playing the role which forms a dot according to image data FNL, and the printer 22 is not performing the image processing. Moreover, although adjustment of the piezo-electric element driving signal which the printer 22 interior mentions later etc. is omitted in the printer driver 96 by the side of a computer 90, it is also possible to perform a setup of two or more pulse signals contained in a piezo-electric element driving signal etc. by the printer driver 96 side using a function of two-way communication with a printer 22.

[27] The outline configuration of a printer : B. The device in which a printer 22 conveys Form P by the paper feed motor 23 as shown in drawing 4 , The device in which carriage 31 is made to reciprocate to the shaft orientations of a platen 26 by the carriage motor 24, The device in which drive the print head 28 carried in carriage 31, and the regurgitation of ink and dot formation are performed, It consists of a control circuit 40 which manages an exchange of a signal with these paper feed motors 23, the carriage motor 24, a print head 28, and a control panel 32, and a piezo-electric element drive circuit 50 which generates the driving signal which drives a piezo-electric element in response to a signal from this control circuit 40.

[28] The device in which carriage 31 is made to reciprocate to the shaft orientations of a platen 26 consists of location detection sensor 39 grades which detect the sliding shaft 34 which is constructed in parallel with the shaft of a platen 26, and holds carriage 31 possible [ sliding ], the pulley 38 which stretches the endless driving belt 36 between the carriage motors 24, and the home position of carriage 31.

[29] The cartridge 72 for color ink which contained the cartridge 71 for black ink (Bk) and the ink of cyanogen (C1), light cyanogen (C2), a Magenta (M1), light MAZENDA (M2), and five colors of Hierro (Y) can be carried in this carriage 31. About cyanogen and two colors of MAZENDA, it will have ink of two kinds of shades. A total of six heads for ink regurgitation thru/or 66 are formed in the print head 28 of the lower part of carriage 31, and the introductory tubing 67 (refer to drawing 5 ) which leads the ink from an ink tank to each of this head for colors is set up by the parsilaris ossis occipitalis of carriage 31. If carriage 31 is equipped with the cartridge 71 for black (Bk) ink, and the cartridge 72 for color ink from the upper part, the introductory tubing 67 will be inserted in the connection hole prepared in each cartridge, and supply of the head 61 for regurgitation thru/or the ink of 66 will be attained from each ink cartridge.

[30] Drawing 8 is the explanatory view showing the array of the ink jet nozzle Nz in the heads 61-66 for ink regurgitation. Arrangement of these nozzles consists of 6 sets of nozzle arrays which carry out the regurgitation of the ink for every color, and is alternately arranged in the nozzle pitch k with 48 fixed nozzles Nz. The location of the nozzle array of vertical scanning of each nozzle array is mutually in agreement. In addition, 48 nozzles Nz contained in each nozzle array do not need to be arranged alternately, and may be arranged on the straight line. However, if it changes alternately as shown in drawing 8 , there is an advantage of being easy to set up the nozzle pitch k small on manufacture.

[31] The regurgitation of the ink from the nozzle Nz mentioned above is controlled by the control circuit 40 and the piezo-electric element drive circuit 50. The internal configuration of a control circuit 40 was shown in drawing 10 . The interface 43 which receives printing data including the multiple-value gradation information from a computer 90 etc. sends a control circuit 40 so that it may illustrate (henceforth "I/F"), RAM44 which performs various data storages, and ROM45 which memorized the routine for various data processing etc., The control section 46 which consists of a CPU 47, an oscillator circuit 47, and the drive signal generating circuit 48 as a "drive signal generation means" which generates the driving signal to each piezo-electric element of the below-mentioned print head 28, It has I/F49 for transmitting the printing data and the driving signal which were developed by dot pattern data to the paper feed motor 23, the carriage motor 24, and the piezo-electric element drive circuit 50.

[32] Since printing data after 3 value-ized processing was made by the printer driver 96 are sent, a control circuit 40 develops data to output-buffer 44C according to arrangement of the nozzle array of a print head, and after storing a printing data in receive buffer 44A, if this is outputted through I/F49, it is sufficient [ this example from a computer 90 ] for it. On the other hand, when the data transmitted from a computer 90 are printing data including multiple-value gradation information, a printer 22 shall just perform processing of the formation of 3 values etc. in a control circuit 40

or example, when it is data of a PostScript format). In this case, printing data are stored in receive buffer 44A inside a recording apparatus through I/F43. After command analysis is performed to the record data stored in receive buffer 44A, is sent to middle buffer 44B. Within middle buffer 44B, the record data as an intermediate form converted with the pseudo code by the control section 46 are held, and processing which the address of the printing location of each alphabetic character, the class of qualification, magnitude, and a font etc. adds is performed by the control section 46. Next, a control section 46 analyzes the record data in middle buffer 44B, performs 3 value-ization according to gradation information, and makes output-buffer 44C develop and memorize dot pattern data.

[033] The dot pattern formed into 3 value will be developed by output-buffer 44C, and, in any case, it will be stored in A print head outputs this dot pattern data through I/F49, after preparing the dot pattern data equivalent to a part for a scan of a head for output-buffer 44C since it has the nozzle of each 48 colors so that it may mention later. It consists of 2 bits as gradation data for every nozzle, and "10" supports to small dot formation and "11" supports [ "00" ] large dot formation without a dot, respectively so that the printing data developed as dot pattern data may be mentioned later. About the situation of the configuration of data, and dot formation, it mentions later.

[034] C. The mechanism of the ink regurgitation : explain the device in which the regurgitation of ink and dot formation are performed. The explanatory view in which drawing 5 shows the outline configuration inside the head 28 of ink regurgitation, and drawing 6 are the mimetic diagrams showing signs that telescopic motion of piezo-electric element PE performs the regurgitation of ink. If carriage 31 is equipped with ink cartridges 71 and 72, as shown in drawing 5 , the ink in an ink cartridge will be sucked out through the introductory tubing 67 using capillarity, and it will be led to each color head 61 of the print head 28 prepared in the carriage 31 lower part thru/or 66. In addition, although a suction operation which attracts ink to the head 61 of each color thru/or 66 with the pump of dedication is performed when equipped with an ink cartridge for the first time, in this example, illustration and explanation are omitted for a print head about the configuration of a wrap cap etc. at the time of the pump for suction, and suction.

[035] 48 nozzles Nz are formed in it for every color as explained to the head 61 of each color thru/or 66 later (refer to drawing 8 ), and piezo-electric element PE which is one of the electrostriction components and was excellent in responsibility as a pressure generating component for every nozzle is arranged. Piezo-electric element PE is installed in a location adjacent to the ink path 68 to which ink is led to Nozzle Nz so that it may illustrate on the drawing 6 upper part. The crystal structures of piezo-electric element PE are distortion and the component which changes electric-mechanical energy into a high speed extremely by impression of an electrical potential difference as everyone knows. Piezo-electric element PE contracts only the impression time amount of an electrical potential difference, and makes one side attachment wall of the ink path 68 deform in this example, by impressing the electrical potential difference of a predetermined time width of face to inter-electrode [ which was prepared in the both ends of piezo-electric element PE ], as shown in the drawing 6 lower berth. Consequently, it contracts according to contraction of piezo-electric element PE, and the ink equivalent to a part for this contraction serves as Particle Ip, and the volume of the ink path 68 is breathed out by the high speed from the tip of Nozzle Nz. Printing is performed when this ink particle Ip sinks into a form P with which the platen 26 was equipped.

[036] Although the principle of the expulsion of an ink droplet using a piezo-electric element was explained using the mimetic diagram, the detail of the ink regurgitation device using actual piezo-electric element PE was shown in drawing 7. Drawing 7 is the sectional view showing an example of the head 61 for record thru/or the mechanical cross-section structure of 66. This head consists of an actuator unit 121 and a passage unit 122 greatly so that it may illustrate. The actuator unit 121 consists of piezo-electric element PE, the 1st covering device material 130, the 2nd covering device material 136, and spacer 135 grade. The 1st covering device material 130 consists of sheet metal of a zirconia with a thickness of about 6 micrometers, the common electrode 131 used as one pole is formed in the front face, piezo-electric element PE is fixed so that the pressure generating room 132 later mentioned on the front face may be countered, and a drive electrode 134 which consists of a layer of comparatively flexible metals, such as Au, is further formed in the front face.

[037] Here, piezo-electric element PE forms the actuator of a flexurally oscillating mold by the 1st covering device material 130. Piezo-electric element PE deforms in the direction which will elongate if it deforms in the direction which will contract if a charge is added, and contracts the volume of the pressure generating room 132 and the added charge charges, and is extended based on the volume of the pressure generating room 132.

[038] The spacer 135 formed in the lower part of the 1st covering device material 130 drills a through-hole at ceramic materials, such as the thickness suitable for forming the pressure generating room 132, for example, a 100-micrometer zirconia etc., (ZrO<sub>2</sub>), is constituted, and the 2nd covering device material 136 and the 1st covering device material 130 which are mentioned later carry out the closure of both sides, and it forms the above-mentioned pressure generating room 132.

039] The 2nd covering device material 136 fixed to the other end of a spacer 135 is constituted considering ceramics, such as a zirconia, as the quality of the material like the spacer 135. Two free passage holes 138, 139 which constitute a passage between the pressure generating rooms 132 are drilled in this 2nd covering device material 136. The free passage hole 138 connects the ink feed hopper 137 and the pressure generating room 132 which are mentioned later, and a free passage hole 139 connects a nozzle orifice Nz and the other end of the pressure generating room 132.

040] These each part material 130, 135, 136 fabricates a ceramic clay-like ingredient in a predetermined configuration, and it is summarized as an actuator unit 121, without using adhesives by carrying out the laminating of this and laminating it.

041] Next, the passage unit 122 is explained. The passage unit 122 consists of an ink feed hopper formation substrate 140, an ink room formation substrate 143, a nozzle plate 145, etc. While the ink feed hopper formation substrate 140 serves as the fixed substrate of the actuator unit 121, the nozzle orifice Nz is formed for the ink feed hopper 137 in the end side by the side of the pressure generating room 132 at the many-items side of the pressure generating room 132, respectively. The ink feed hopper 137 is a free passage way which connects the ink room 141 common to each nozzle, and the pressure generating room 132, and the cross section is made small enough compared with the free passage hole 138 etc., and it is designed so that it may function as an orifice.

042] The closure of the ink room formation substrate 143 is carried out by the nozzle plate 145 in the field of another plate, it is the member which forms the ink room 141 with the ink feed hopper formation substrate 140, and the nozzle orifice passage hole 144 linked to a nozzle orifice 123 is formed. The ink room 141 is connected to the ink passage which exists in a row in ink cartridges 71 and 72 and which is not illustrated so that ink may flow from the ink tank which is not illustrated.

043] The glue lines 146, 147, such as a heat joining film and adhesives, are fixed in between [ each ], and these ink feed hopper formation substrate 140, the ink room formation substrate 143, and the nozzle plate 145 constitute the passage unit 122 as a whole.

044] The glue lines 148, such as a heat joining film and adhesives, are fixed, and this passage unit 122 and the above-mentioned actuator unit 121 constitute each head 61 for record thru/or 66.

045] If piezo-electric element PE will be contracted if the seal of approval of the electrical potential difference is carried out and a charge is added between the drive electrodes 131, 134 of piezo-electric element PE by the above-mentioned configuration, the volume of the pressure generating room 132 is reduced and a charge is discharged inversely, piezo-electric element PE will be elongated and the volume of the pressure generating room 132 will increase. If the pressure generating room 132 expands, the pressure in the pressure generating room 132 will decline, and ink will flow in the pressure generating room 132 from the common ink room 141. If a charge is added to piezo-electric element PE, the volume of the pressure generating room 132 will be reduced, the pressure in the pressure generating room 132 will rise for a short time, and the ink in the pressure generating room 132 will be breathed out outside through a nozzle orifice Nz. At this time, ink droplet IP is breathed out outside.

046] By the way, in the print head 28 for ink jet record constituted in this way, the ink which exists in the passage which results in Nozzle Nz causes an oscillating phenomenon as a fluid with change of the pressure of the pressure generating room 132. At least two kinds of proper oscillation exists in this vibration. After one breathes out an ink droplet, it is vibration of the comparatively long period to which the meniscus which is an ink interface returns. This is called proper oscillation (period Tm). Another is vibration called the helm HORMU resonance produced in a fluid by existence of the pressure generating room 132, and is a short vibration (period Tc) of a period comparatively compared with proper oscillation. When the helm HORMU resonance frequency f of this pressure generating room 132 sets the inertance of Mn and the ink feed hopper 137 to Ms for the inertance of Cv and a nozzle orifice 123, a degree type (1) shows the rigid compliance by the ingredient itself which forms Ci and the pressure generating room 132 for the fluid compliance resulting from the compressibility of the ink of the pressure generating room 132, such as the 1st covering device material 130 and piezo-electric element PE.

047] 
$$1/(2\pi) \sqrt{(Mn+Ms)/(Mn \times Ms)/(Ci+Cv)}$$

(1)

048] Moreover, if compliance of a meniscus is set to Cn and the viscous drag of ink passage will be disregarded, the proper oscillation period Tm of a meniscus is shown by the degree type (2).

049] 
$$Tm = 2\pi \sqrt{(Mn+Ms) Cn}$$
 -- (2)

050] Moreover, when the consistency of V and ink is set to rho and c of the acoustic velocity in the inside of ink for the volume of the pressure generating room 132, the fluid compliance Ci is shown by the degree type (3).

051]

= $V/\rho c^2$  -- (3)

052] In addition, since the rigid compliance  $C_v$  of the pressure generating room 132 is in agreement with the static suction of area of the pressure generating room 132 when impressing unit pressure to the pressure generating room 2, it can calculate an actual value by measuring this.

053] The period  $T_c$  of the proper oscillation excited by the meniscus by contraction and expanding of piezo-electric element PE is the same as the period obtained with the inverse number of the helm HORUMU resonance frequency  $f$ . If an example of count adapted to an example is given, for  $2 \times 10^8 \text{kgm}^{-4}$  and Inertance  $M_s$ ,  $1 \times 10^{-20} \text{m}^5 \text{N}^{-1}$  and the rigid compliance  $C_v$  of the helm HORUMU resonance frequency  $f$  at the time of being  $1 \times 10^8 \text{kgm}^{-4}$  will be [ the fluid compliance  $C_i / 1.5 \times 10^{-20} \text{m}^5 \text{N}^{-1}$  and Inertance  $M_n$  ]  $125 \text{kHz}$ , and the period  $T_c$  will be set to 8 microseconds.

054] D. The outline of formation of a size dot : the nozzle  $N_z$  of each 48 colors with which the printer 22 of this sample was equipped is equally formed in the bore. Two kinds of dots from which a path differs using this nozzle  $N_z$  can be formed. This principle is explained. Drawing 9 is the explanatory view having shown typically the relation between the drive wave of the nozzle  $N_z$  at the time of ink being breathed out, and the ink  $I_p$  breathed out. It is a wave the time of the drive wave shown with the broken line in drawing 9 carrying out the regurgitation of the usual dot. A meniscus  $M_e$  will be in the condition of having cratered inside Nozzle  $N_z$  as it was shown in the condition A of drawing 9 in order that piezo-electric element PE might deform the volume of the pressure generating room 132 in the increasing direction, once it impressed the electrical potential difference of minus to piezo-electric element PE in the section d2. On the other hand, if a minus electrical potential difference is rapidly impressed using the drive wave shown with the continuous line of drawing 9 as shown at the section d2, a meniscus will be in the condition of having cratered inside greatly compared with Condition A as shown in the Condition a.

055] It is based on the following reason that the configuration of a meniscus changes with pulse shape of the electrical potential difference of the minus which carries out a seal of approval to piezo-electric element PE. A piezo-electric element deforms according to the shape of a pulse form of the electrical potential difference by which the seal of approval was carried out, and fluctuates the volume of the pressure generating room 132. If the change carries out very slowly when the volume of the pressure generating room 132 increases, with increase of the volume of the pressure generating room 132, ink will be supplied from the common ink room 141, and a meniscus will hardly change. On the other hand, when telescopic motion of piezo-electric element PE is performed for a short time and change of the volume of the pressure generating room 132 arises rapidly, it will not do from supply of ink being restricted by the ink feed member 137 from the ink room 141, but a meniscus will be influenced by change of the volume of the pressure generating room 132. When change of an electrical potential difference which carries out a seal of approval to piezo-electric element PE is loose (refer to drawing 9 broken line), retreat of a meniscus is small, and when change of a seal-of-approval electrical potential difference is rapid (refer to drawing 9 continuous line), it is based on the balance of this that supply that retreat of a meniscus becomes large.

056] Ink is breathed out based on the principle it was previously explained using drawing 6 that just carried out applied voltage to piezo-electric element PE from the condition that the meniscus retreated next (section d3). At this time, from the condition (condition A) of having seldom cratered the meniscus inside, as shown in Condition B and condition C, a big ink droplet is breathed out, and from the condition (condition a) to which the meniscus was cratered inside greatly, as shown in Condition b and Condition c, a small ink droplet is breathed out.

057] According to the rate of change at the time (sections d1 and d2) of making driver voltage negative, the diameter of a dot can be changed as shown above. However, it is very difficult to perform control which changes the wave of a driving signal for every dot by the printer equipped with two or more nozzles  $N_z$ . So, at this example, the size dot is decided by preparing the driving signal containing two different wave-like pulse signals, and preparing printing data according to this signal. This technique is explained below.

058] E. A piezo-electric element drive circuit and a driving signal : in this example, two kinds, the drive wave for forming the small dot of the diameter of a dot and the drive wave for forming the big large dot of the diameter of a dot, are prepared based on such relation between a drive wave and the diameter of a dot (refer to drawing 11 ). About the situation of formation of the ink droplet of the size by the difference in a driving signal, it mentions later with the detail of generation of a driving signal.

059] First, the configuration which generates the wave-like driving signal shown in drawing 11 is explained. The driving signal shown in drawing 11 is generated by the piezo-electric element drive circuit 50. Drawing 12 is the block diagram showing the internal configuration of this piezo-electric element drive circuit 50. So that it may illustrate inside of piezo-electric element drive circuit 50 The memory 51 which receives and memorizes the signal from a control circuit 40, and the contents of this memory 51 are read. The latch 52 who holds temporarily, the adder 53 adding this

ch's 52 output, and another latch's 54 output mentioned later, D/A converter 56 which changes latch's 54 output into analog data, and the changed analog signal to the voltage swing for a piezo-electric element PE drive. It consists of the current amplification sections 58 for performing the current supply source corresponding to the voltage amplification section 57 to amplify and the amplified voltage signal. Here, memory 51 memorizes the predetermined parameter which determines the wave of a driving signal. The wave of a driving signal is determined by the predetermined parameter beforehand received from the control circuit 40 so that it may be mentioned later. The piezo-electric element drive circuit 50 receives clock signals 1, 2, and 3, a data signal, an address signal 0 or 3, and a reset signal from a control circuit 40, as shown in drawing 12.

060] Drawing 13 is the explanatory view showing signs that the wave of a driving signal is determined, by the configuration of the piezo-electric element drive circuit 50 mentioned above. First, in advance of generation of a driving signal, some data signals which show the slew rate of a driving signal, and the address signal of the data signal are inputted to the memory 51 of the piezo-electric element drive circuit 50 from a control circuit 40 synchronizing with a clock signal 1. Although only 1 bit of data signals does not exist, as shown in drawing 14, they have the composition of changing data, by the serial transmission which makes a clock signal 1 a synchronizing signal. That is, in transmitting a predetermined slew rate from a control circuit 40, synchronizing with a clock signal 1, a two or more bits data signal is inputted first, and it outputs after that the address which stores this data as an address signal 0 thru/or 3 synchronizing with a clock signal 2. To the timing to which this clock signal 2 was outputted, memory 51 reads an address signal and writes the received data in that address. Since an address signal is a 4-bit signal of 0 thru/or 3, it can make a note of a maximum of 16 kinds of slew rates, and can memorize them to 51. In addition, the most significant bit of data is used as a sign.

061] If Address B is outputted to an address signal 0 thru/or 3 after a setup of each addresses A and B and the slew rate to ... is completed, the slew rate corresponding to this address B will be held by the 1st latch 52 with the first clock signal 2. It is in this condition, and if a clock signal 3 is outputted next, the value with which the 1st latch's 52 output is added to the 2nd latch's 54 output will be held at the 2nd latch 54. That is, whenever it will receive a clock signal 3 after that once the slew rate corresponding to an address signal is chosen as shown in drawing 13, the 2nd latch's 54 output is fluctuated according to the slew rate. The slew rate stored in Address B serves as a value corresponding to unit time-amount  $\Delta T$  Hitting and only electrical-potential-difference  $\Delta V$  1 going up an electrical potential difference. In addition, an increment or reduction is determined by the sign of the data stored in each address.

062] In the example shown in drawing 13, the value in the case of maintaining a value 0, i.e., an electrical potential difference, as a slew rate is stored in Address A. Therefore, if Address A becomes effective with a clock signal 2, the wave of a driving signal will be maintained at a condition without increase and decrease, i.e., a flat condition. Moreover, a slew rate corresponding to only  $\Delta V$  2 falling a unit time amount  $\Delta T$  per electrical potential difference is stored in Address C. after [ therefore, ] Address C becomes effective with a clock signal 2 -- this electrical-potential-difference  $\Delta V$  -- an electrical potential difference will fall and go every [  $\Delta T$  ].

063] The wave of a driving signal is freely controllable only by outputting an address signal and a clock signal 2 from a control circuit 40 by the technique mentioned above. an example -- each pulse which constitutes the driving signal to ink is explained using drawing 11. First, in the record period corresponding to one record pixel, a driving signal is roughly divided and consists of the 1st pulse and the 2nd pulse. The electrical-potential-difference value starts the 1st pulse from the middle potential  $V_m$  (T11), it goes up with inclination fixed to the maximum potential  $V_P$  (T12), and only predetermined time maintains the maximum potential  $V_P$  (T13). Next, it descends with inclination fixed to the 1st minimum potential  $V_{LS}$  (T14), and, as for the 1st pulse, only predetermined time maintains the minimum potential  $V_{LS}$  (T15). After that, it goes up again with inclination fixed to the maximum potential  $V_P$  (T16), and, as for the electrical-potential-difference value of the 1st pulse, only predetermined time maintains the maximum potential  $V_P$  (T17). Then, the 1st pulse descends with inclination fixed to the middle potential  $V_m$  (T18).

064] Here, if the charge pulse T12 is impressed to piezo-electric element PE, piezo-electric element PE will bend in a direction which shrinks the volume of the pressure generating room 132, and will generate positive pressure in the pressure generating room 132. Consequently, a meniscus rises from a nozzle orifice 123. Although the potential difference of the charge pulse T12 is large, and it is possible to also make an ink droplet breathe out by the charge pulse T12 when electrical-potential-difference inclination is steep, the potential difference of the charge pulse T12 is set as the range in which an ink droplet is not breathed out by the charge pulse T12 in this example. In this example, further, the charging time of the charge pulse T12 is set as the period more than  $T_c$  (at this example, it is [  $T_c$  and ] the same period substantially) so that a meniscus may not excite vibration of the helmholtz period  $T_c$ .

065] The meniscus which rose by the charge pulse T12 is changed to the motion which returns into a nozzle orifice 123 by vibration of a period  $T_m$  with the surface tension of ink, while the hold pulse T13 is impressed. If the discharge



When T14 is impressed, piezo-electric element PE will bend in the direction which expands the pressure generating room 132, and negative pressure will produce it in the pressure generating room 132. The motion of a meniscus to the nozzle orifice 123 interior by this negative pressure is superimposed by vibration of the above-mentioned period  $T_m$ , and a meniscus is greatly drawn in the interior of a nozzle orifice 123. Thus, a meniscus can be greatly drawn in the interior of a nozzle orifice 123 also by the potential difference of the comparatively small discharge pulse T14 by pressing the discharge pulse T14 to the timing to which a meniscus goes to the interior of a nozzle orifice 123. At this time, drawing in of the above meniscuses is guaranteed for the duration of the hold pulse T13 by the thing of  $T_m$  for which about  $1/\text{is}$  set to 2.

[66] If the charge pulse T16 is impressed from the condition that the meniscus was drawn, positive pressure will occur in the pressure generating room 132, and a meniscus will rise from a nozzle orifice 123. At this time, since the meniscus is greatly drawn in the interior of a nozzle orifice 123, even if the pressure of the positive pressure direction is added, the ink droplet breathed out will remain in a minute ink droplet. The discharge pulse T18 is a discharge pulse for suppressing the proper oscillation of the meniscus excited by the discharge pulse T14 and the charge pulse T16, and presses the discharge pulse T18 which makes a meniscus go to the interior of a nozzle orifice 123 to the timing to which the proper oscillation of a period  $T_c$  goes to the outlet of a nozzle orifice 123. Consequently, retreat of the meniscus after the regurgitation of a very small ink droplet is completed is controlled by the comparatively small thing.

[67] Next, the 2nd pulse is explained. The 2nd pulse is started from the middle potential  $V_m$  following on the 1st pulse (T19). It descends with inclination fixed to the 2nd minimum potential VLL (T21), and only predetermined time maintains the minimum potential VLL (T22). The minimum potential VLL of this 2nd pulse is lower than the minimum potential VLS of the 1st pulse. And it goes up with inclination fixed to the maximum potential VP (T23), and, as for the critical-potential-difference value of the 2nd pulse, only predetermined time maintains the maximum potential VP (T24). Then, the 2nd pulse descends with inclination fixed to the middle potential  $V_m$  (T25).

[68] If the discharge pulse T21 is impressed, negative pressure will arise in the pressure generating room 132 as mentioned above, and a meniscus will be drawn in the interior of a nozzle orifice 123. However, the slew rate is set up that a meniscus may not be greatly drawn in the interior of a nozzle orifice 123 compared with the 1st pulse by setting up the potential difference of the discharge pulse T21 smaller than the potential difference of the discharge pulse 4 of the 1st pulse.

[69] If the charge pulse T23 is impressed, positive pressure will occur in the pressure generating room 132, and a meniscus will rise from a nozzle orifice 123. Since the pressure variation of the positive pressure direction occurs in the condition that a meniscus is not drawn so much in the interior of a nozzle orifice 123, at this time, the ink droplet breathed out turns into a big ink droplet compared with the 1st pulse. In addition, the discharge pulse T25 of the last of the 2nd pulse is a discharge pulse for suppressing the proper oscillation of the meniscus excited by the discharge pulse 1 and the charge pulse T23, and is impressed to the timing to which a meniscus goes in the direction of an outlet of a nozzle orifice 123 by the proper oscillation of a period  $T_c$ .

[70] In the case where the 1st pulse and the 2nd pulse are chosen continuously -- after all -- two ink droplets -- the empty and from Nozzle Nz -- \*\*\*\*\* -- although it becomes things, two ink droplets reach the almost same location on a form. Drawing 15 showed this situation. The biggest dot is formed for the small ink droplet IPs corresponding to the 1st pulse, and the big ink droplet IPm which corresponded the 2nd pulse by [ on a form ] reaching the same location mostly that it may illustrate. When forming two kinds of dots using the driving signal shown in drawing 11, since the 2nd pulse of the variation of piezo-electric element PE is larger, ink droplet IP will be breathed out with sufficient vigor, and the big flight rate of an ink droplet IPm has it compared with the small ink droplet IPs. [ large ] Thus, if the scan speed carriage 31 and the regurgitation timing of both ink droplets are adjusted according to the distance between carriage and Form P, moving carriage 31 to a main scanning direction since a difference exists in the flight rate of an ink droplet when discharge and an ink droplet big next are breathed out for a first small ink droplet, both ink droplets can be made to reach Form P to the almost same timing. In this example, it does in this way and the large dot with the biggest diameter of a dot is formed from two kinds of driving pulses of drawing 11.

[71] F. vibration of a meniscus and timing [ of the 2nd pulse ]: -- independent [ in the regurgitation of an ink droplet responding to the 1st pulse, and the regurgitation of the ink droplet corresponding to the 2nd pulse ] in this example, explained above -- or, although it can carry out continuously Total of the ink weight at the time of forming an ink droplet continuously by the 1st pulse and the 2nd pulse is adjusting the 1st and 2nd pulse form \*\* timing in consideration of vibration of a meniscus so that it may become large intentionally from the total at the time of forming an ink droplet independently. This point is explained below. Drawing 16 is the explanatory view showing the relation of the pulse selection and the ink droplet weight per 1 record period in this example. When the 1st pulse and the 2nd pulse are continuously chosen so that it may illustrate, compared with total of the ink droplet weight at the time of

breathing out the 1st pulse and the 2nd pulse independently, respectively, it turns out that ink weight carried out the increment in 5ng in total. This ink weight increase is obtained by forming the 2nd ink droplet to the predetermined timing in consideration of a motion of a meniscus, after breathing out a small ink droplet. the ratio of the ink weight (an example 20 ng(s)) of a large dot [ as opposed to the ink weight (an example 5 ng(s)) of a small dot as a result ] -- breadth -- the adjustable range of the diameter of a record dot is supposed to have been substantially made large further. The terminal point of the charge pulse T16 of the 1st pulse which is specifically "timing of the 1st expulsion of an ink droplet" in this example, Time amount with the starting point of the charge pulse T21 of the 2nd pulse which is "the initiation timing of the 1st signal which expands a pressure generating room" The time amount of the hold pulse T19 is set up so that it may become "+ (meniscus return time amount from the 1st expulsion of an ink droplet)" (1/8 of the meniscus proper oscillation period  $T_m$ ) mentioned later.

072] Drawing 17 and drawing 18 are the explanatory views showing a motion of the meniscus in the 1st example. An axis of ordinate shows the amount of meniscus displacement, and the axis of abscissa shows time amount. The sign 707 in drawing shows the effective area of a nozzle orifice 123, and the lower part of the nozzle effective area 707 is equivalent to the interior of a nozzle orifice 123. Moreover, the curve 708 in drawing shows the variation rate of a meniscus. Therefore, the inclination (differential value) of the tangent of the curve 708 in drawing shows the rate of a meniscus. Moreover, when an ink droplet is breathed out, the area (illustration hatching section) of one closed region in which the curve 708 corresponding to the timing is between axes of abscissa, and forms more nearly up than an axis of abscissa will be proportional to the weight of an ink droplet mostly.

073] a meniscus when drawing 17 impresses the 1st pulse independently -- it is a variation rate. An ink droplet is breathed out corresponding to the peak 704 of meniscus vibration. That is, at this time, it dissociates from a meniscus, and an ink droplet turns into a minute ink droplet, and carries out the regurgitation. Then, a meniscus will be in the condition of having been drawn from the nozzle effective area 707. The drawn meniscus once reaches the nozzle effective area 707 toward the nozzle effective area 707 at the beginning of return at the time of time of day 701 with the surface tension of a meniscus. The elapsed time from the timing of the 1st expulsion of an ink droplet to time of day 701 "meniscus return time amount from 1st expulsion of an ink droplet" TR here. Furthermore, a meniscus exceeds the nozzle effective area 707 and begins to return soon. That is, a meniscus will cause damping oscillation. When time of day 701 when a meniscus results in the nozzle effective area 707 again is set to 709, the elapsed time from time of day 701 to time of day 709 is about 1 of proper oscillation period  $T_m$  of meniscus/2. time of day 703 -- the 1st after [ expulsion of an ink droplet ] meniscus -- the point with which a variation rate serves as max -- it is -- the elapsed time of time of day 701 to the time of day 703 -- about [ of the proper oscillation period  $T_m$  of a meniscus ] -- it is equal to one fourth. Time of day 702 is the almost middle time of day of the time of day 701 when the rate of the meniscus which goes to the nozzle orifice 123 exterior serves as max, and said time of day 703, and its elapsed time of time of day 701 to the time of day 702 is equal to the abbreviation 1/8 of the proper oscillation period  $T_m$  of a meniscus. Time of day 710 is the almost middle time of day of time of day 703 and said time of day 709, and its elapsed time of time of day 701 to the time of day 710 is equal to the abbreviation 3/8 of the proper oscillation period  $T_m$  of a meniscus.

074] Next, the increment phenomenon of the amount of ink droplets when continuing at the 1st pulse and impressing the 2nd pulse is explained, referring to drawing 18. In this example, as shown in drawing 18, the driving signal is set so that impression of the discharge pulse T21 which is "the initiation timing of the 1st signal which expands a pressure generating room" may begin on the point of time of day 702. the condition of the meniscus in this time of day 702 -- a meniscus -- a variation rate -- a rate and a meniscus -- since each variation rate serves as nozzle orifice 123 inwardness, the operation which is going to draw a meniscus in the nozzle orifice 123 interior by the discharge pulse T21 of the 2nd pulse is offset, and the amount of drawing in of the variation rate 708 of a meniscus is reduced. Consequently, by impression of the charge pulse T23, the peak 705 of meniscus vibration becomes high and the magnitude of the ink droplet separated from a meniscus becomes large. In addition, in drawing 18, the sign 706 in drawing shows the time difference of the terminal point of the charge pulse T16 which is "timing of the 1st expulsion of an ink droplet", and the starting point of the discharge pulse T21 which is "the initiation timing of the 1st signal which expands a pressure generating room."

075] The total and relation of ink droplet weight which are breathed out by drawing 19 by the phase, the 1st pulse, and the 2nd pulse of "the initiation timing of the 1st signal of the 2nd pulse" are shown. The total value of the ink droplet weight by which an axis of ordinate is breathed out by the 1st pulse and the 2nd pulse, and an axis of abscissa show time amount. The ink droplet weight curve GI carries out adjustable [ of the initiation timing of the 1st signal of the 2nd pulse ] till time of day 701-710, and measures the total value of the amount of ink. It carries out asymptotic [ of the total ink droplet weight ] to ink droplet weight (5+10=) 15ng when breathing out the 1st pulse and the 2nd pulse independently respectively as it is set to maximum 20ng and the initiation timing of the 1st signal of the 2nd pulse is



tended, when initiation timing of the 1st signal of the 2nd pulse is made into the time-of-day 702 neighborhood. On the contrary, also when initiation timing of the 1st signal of the 2nd pulse is shortened, total of ink droplet weight is reduced. This is in the condition that the meniscus was drawn in the nozzle orifice 123 interior, and is considered for drawing a meniscus in the nozzle orifice 123 interior by the discharge pulse T21 of the 2nd driving pulse further. From drawing 18, it is longer than the meniscus return time amount TR from said 1st expulsion of an ink droplet, and the difference of the timing of the 1st expulsion of an ink droplet and the 1st initiation timing of an electrical-potential-difference downward wave of the 2nd driving pulse is understood that it is desirable to make it shorter than (meniscus return time amount TR from 1st expulsion of an ink droplet) + (3/8 of the meniscus proper oscillation period Tm). That ink droplet weight can be increased from the case where an ink droplet is breathed out for the initiation timing of the 1st signal of the 2nd pulse, respectively by the time amount of time of day 701 to the time of day 710, then two pulses.

076] G. The modification of the drive circuit 50 : although the driving signal added to piezo-electric element PE was generated in the 1st example explained above using D/A converter 56 based on the command from a control circuit 40, the drive circuit which generates a driving signal can also be realized by circuit 50A shown in drawing 20. An example of the configuration of this drive circuit 50A is explained based on drawing 20. This drive circuit 50A consists of shift registers 253A-253N, the latch components 254A-254N, level shifters 255A-255N, switching devices 256A-256N, and piezo-electric elements 257A-257N corresponding to each nozzle of a head 28. Printing data consist of 2 bit data for every nozzle, as shown in (10), (11), etc. And the bit data of each digit about all nozzles are inputted into shift registers 253A-253N in 1 record period.

077] That is, after serial transmission of the data of the bit 2 which is a high order bit for all nozzles is carried out to shift registers 253A-253N, the data of the bit 2 for all these nozzles are latched by the latch components 254A-254N. Serial transmission of the data of the bit 1 which is a lower bit for all nozzles is done next to shift registers 253A-253N at this latch.

078] And when the bit data which join each switching devices 256A-256N constituted, for example as an analog switch are "1", a driving signal (COM) is directly impressed to piezo-electric elements 257A-257N, and each piezo-electric elements 257A-257N are displaced according to the signal wave form of a driving signal. On the contrary, when the bit data which join each switching devices 256A-256N are "0", an each piezo-electric elements [ 257A-257N ] driving signal is intercepted, and each piezo-electric elements 257A-257N hold the last charge.

079] It is the wave this circuit 50A as well as the 1st example indicated the driving signal (COM) to be to drawing 1, and a small ink droplet and a big ink droplet are formed of the 1st pulse and the 2nd pulse.

080] The 1st pulse is for making the small ink droplet of about 5 ng(s) breathe out. When recording a small dot, this 1st pulse is chosen independently and the small diameter of a dot is obtained. The 2nd pulse is always chosen in the example shown in drawing 1 following on said 1st pulse, and only the 2nd pulse is not chosen independently. It is as the example having explained that the big ink droplet of abbreviation (5+15=) 20ng is breathed out, and the big diameter of a dot is obtained by the 1st and 2nd pulse being chosen continuously when recording a large dot.

081] If a record dot is formed in the record paper by three patterns in the case (gradation value 3) of forming a large dot when forming only a small dot about a gradation expression in the case of the non-dot which does not form a dot (gradation value 1) (gradation value 2), dot gradation of 3 gradation can be performed. In addition, as shown in (00), (01), and (10), 2 bit data can express each gradation value.

082] To a switching device 256, at the time of the 1st pulse generating, the case of the gradation value 2 of the small dot which carries out the regurgitation only of the small ink droplet makes it synchronize, and impresses "1", and at the time of the 2nd pulse generating, if "0" is impressed, only the 1st pulse can be supplied to a piezo-electric element 257. That is, by translating into 2 bit data (10) the 2-bit data (01) in which gradation 2 is shown (decoding), only the 1st pulse can be impressed to a piezo-electric element 257, and the gradation value 2 of a small dot can be realized.

083] If similarly 2 decoded bit data (11) are given to a switching device 256, the 1st pulse and the 2nd pulse are impressed to a piezo-electric element 257, the ink droplet of the smallness size of two shots reaches the target in the record paper continuously by this, each ink droplet is mixed, a large dot is formed substantially, and the gradation value can be realized. Moreover, similarly, in the case of the gradation value 1 of the non-dot which does not carry out the regurgitation of the ink droplet, the gradation value 1 of a non-dot can be realized without impressing a pulse to a piezo-electric element 257, if 2 bit data (00) are given to a switching device 256.

084] It supplements about the concrete configuration which gives 2-bit printing data to switching device 256 grade by grade. First, the 2-bit printing data (D1, D2) decoded by the control circuit 46 are memorized by output-buffer 44C. Here, D1 is the selection signal of the 1st pulse, and D2 is the selection signal of the 2nd pulse. This 2-bit printing data is given to the switching device 256 corresponding to each nozzle of a recording head 28 into 1 record period. The printing data of the 1st nozzle in the location which makes n pieces the number of nozzles of a recording head 28, and

specifically has the direction of vertical scanning (D11, D21), As shown in (D12, D22), when the printing data of the 1st nozzle are expressed, synchronizing with a clock signal, the serial input of the data (... D11, D12, D13, D1n) of the 1st pulse selection signal D1 about all nozzles is carried out to a shift register 253. Similarly, the data (... D21, D22, D23, D2n) of the 2nd pulse selection signal D2 about all nozzles are transmitted to a shift register 253 within 1 record period. This situation was shown in the bottom of drawing 11.

085] As shown in drawing 11, the printing data which choose the driving pulse concerned before the timing which generates the target driving pulse are transmitted to the shift register 253. And it is made to synchronize with generating the target pulse, and the latch component 254 is made to transmit and memorize the printing data set to the shift register 253. After the pressure up of the printing data of the latch component 254 is carried out by the level shifter 255, they are added to a piezo-electric element 257 as a driving signal through a switching device 256.

086] H. The 2nd example : explain the 2nd example of this invention below. The whole configuration of the printer of the 2nd example is the same as that of the 1st example. The point that the 2nd example differs from the 1st example is a point which makes adjustable the time difference of the timing of the expulsion of an ink droplet of the 1st pulse, and the initiation timing of the 1st signal of the 2nd pulse according to the environmental temperature of the print head 28 for ink jet record.

087] Drawing 21 is the block diagram showing the internal configuration of the printer 22 in the 2nd example. The printer 22 of this example is equipped with the timing storage means 192, the timing control means 191, the temperature sensor 194, and A-D converter 193 other than a control circuit 40 and the piezo-electric element drive circuit 50. A temperature sensor 194 is a sensor which detects the temperature around a print head 28. This temperature sensor 194 will have detected environmental temperature as a parameter which the regurgitation of ink was carried out and reflected easily. The temperature data measured with this temperature sensor 194 are incorporated by the timing control means 191 through A-D converter 193. In the timing control means 191, based on the temperature data inputted from the temperature sensor 194, the "initiation timing of 1st signal of 2nd pulse" conditions beforehand memorized by the timing storage means 192 are read, and this is outputted to the driving signal setting circuit 47 of a control circuit 40. The driving signal setting circuit 47 incorporates this condition, determines the initiation timing conditions of the 1st signal of the 2nd pulse, and adjusts the timing of the signal which outputs that information to the piezo-electric element drive circuit 50 through I/F49. Therefore, it is possible to adjust the timing of the driving signal of the 2nd pulse with environmental temperature. In addition, it is also possible to constitute so that only a temperature sensor 194 may be formed and timing etc. may be altogether determined by the control circuit 40 side.

088] Drawing 22 is drawing which illustrates a motion of a meniscus when environmental temperature changes with 15 degrees C, 25 degrees C, and 40 degrees C in the printer which adopted a certain ink, an axis of ordinate shows the variation rate of a meniscus, and an axis of abscissa shows time amount. The sign 901 in drawing is the variation rate of the meniscus in 15 degrees C, and signs 902 and 903 show the variation rate of the meniscus in 25 degrees C and 40 degrees C respectively.

089] That viscosity is ink of the type which changes with temperature, and the ink of this example has the description which viscosity falls, so that temperature becomes high. Since passage resistance increases by the temperature dependence of ink viscosity compared with the variation rate 902 of the meniscus in 25 degrees C, attenuation of meniscus vibration becomes large and both the amplitude by helmholtz resonance of the meniscus immediately after the above-mentioned expulsion of an ink droplet and the amplitude by the proper oscillation of a meniscus of the variation rate 901 of the meniscus in 15 degrees C are small. Furthermore, the period of vibration Tm of proper oscillation comes long according to increase of passage resistance. On the contrary, as for the variation rate 901 of the meniscus in 40 degrees C, in order that passage resistance may decrease, attenuation of meniscus vibration becomes small and both the amplitude by helmholtz resonance of a meniscus and the amplitude by the proper oscillation of a meniscus come large. Furthermore, the period Tm of said proper oscillation becomes short by reduction of passage resistance.

090] Thus, if the time difference of the timing of the expulsion of an ink droplet of the 1st pulse and the initiation timing of the 1st signal of the 2nd pulse is not depended on an environment but it is fixed since a meniscus vibrational rate changes with viscous temperature dependence a lot when the ink used for a printer is ink of the type which changes viscosity a lot with temperature, the weight of an ink droplet may be greatly different with temperature. It is because the meniscus location and meniscus rate in initiation timing of the 1st signal of the 2nd pulse change.

091] so, when such ink was used, it was shown in drawing 22 -- as -- the initiation timing of the 1st signal of the 2nd pulse -- 15 degrees C -- setting -- time of day 904 -- 25 degrees C -- setting -- time of day 905 -- 40 degrees C -- setting -- time of day 906 -- \*\* -- it considers as adjustable with environmental temperature so that it may say. Consequently, the environmental dependency of a meniscus location and a meniscus rate can be offset to some extent, and it becomes possible to suppress change of the ink droplet weight of the 2nd pulse by environmental temperature with an easy

nfiguration. In addition, what is necessary is to detect similarly and to just be reflected in the initiation timing of the 1st signal of the 2nd pulse, if there is another parameter relevant to the ease of carrying out of the regurgitation of ink. For example, such a parameter, various things, such as secular change of the concentration and the atmospheric pressure of ink, and the property of a piezo-electric element, can be considered, for example. Although it is desirable to carry out direct detection of such a parameter, when it is difficult to carry out direct detection, that shall presume or a user shall set up measures not interfere, either. For example, it is also possible to presume ink concentration from the weight of the whole ink cartridge immediately after exchange, or to presume secular change of a property by the elapsed time from the beginning of using. Moreover, although information, such as atmospheric pressure, may form a sensor in a printer, a computer 90 is good [ information ] also as that by which data are transmitted to reception from a predetermined measurement period, and it transmits this to a printer 22 through the telephone line, for example.

[092] I. -- 3rd example: -- the 3rd example of this invention is explained below. An airline printer, and the printer and head driving gear of the 3rd example are proportionate to the configuration of said 2nd example. The point that the 1st example differs from the 2nd example is a point which makes adjustable the time difference of the timing of the pulsion of an ink droplet of the 1st pulse, and the initiation timing of the 1st signal of the 2nd pulse at a long side as it comes hot environments.

[093] Drawing 23 is drawing showing a motion of a meniscus when environmental temperature changes with 15 degrees C, 25 degrees C, and 40 degrees C in the printer using a certain ink like drawing 22, an axis of ordinate shows variation rate of a meniscus, and an axis of abscissa shows time amount.

[094] it \*\*\*\*(ed) to drawing 23 -- as -- this example -- the initiation timing of the 1st signal of the 2nd pulse -- 15 degrees C -- setting -- time of day 914 -- 25 degrees C -- setting -- time of day 915 -- 40 degrees C -- setting -- time of day 916 -- \*\* -- it becomes hot environments so that it may say -- it is alike, and it follows and is considering as adjustable at the long side. This this example can also offset the environmental dependency of a meniscus location and a meniscus rate to some extent, and can suppress change of the ink droplet weight of the 2nd pulse by environmental temperature with an easy configuration. [ as well as the 2nd example ] Furthermore, in this example, since it is hard to receive the effect of Tc vibration of the meniscus immediately after the 1st expulsion of an ink droplet in a long side by considering as adjustable in the initiation timing of the 2nd pulse as it becomes hot environments, it doubles and has the advantage in which the stable flight condition with little flight deflection is realizable.

[095] J. Explain 4th example: next the 4th example of this invention. Although the 4th example has the same hardware configuration as the 1st example, it has the description at the point of having defined the timing of the regurgitation of the 2nd ink droplet in consideration of the period Tc of HORUMU Hertz resonance. If a motion of the meniscus after performing the regurgitation of the small ink droplet by the 1st pulse is observed in a detail as illustrated to drawing 22 and 23, the vibration of the period Tc it moves and is alike, in addition according from this period Tm to the HORUMU Hertz resonance with a quite short period with the big meniscus according to the period Tm of the proper oscillation of a meniscus will be seen. Therefore, it can carry out adjustable [ of the weight of the ink droplet breathed out according to the 2nd pulse ] by defining the timing of the regurgitation of the 2nd ink droplet in consideration of the period Tc by this HORUMU Hertz resonance.

[096] For example, drawing 24 shows a motion of the meniscus at the time of using a certain ink in detail, and signs the period Tm by the proper oscillation of a meniscus is overlapped on vibration of the period Tc by helmholtz resonance understand it. drawing 2 -- the peak of vibration by helmholtz resonance of the beginning after regurgitation of the ink droplet are and according [ a sign 921 ] to the 1st pulse -- in the sign 922, a sign 923 shows the 1st peak and the sign 924 shows the 4th peak for the 2nd peak, respectively. Then, it is the integral multiple (1 time, twice, 3 times.) of this period Tc about the timing of the regurgitation of the ink droplet by the 2nd pulse. .. If it considers as) and can set, the weight of the ink droplet breathed out according to the 2nd pulse can be increased. Moreover, if timing of the regurgitation of the ink droplet by the 2nd pulse is made into twice (integer +1/2) this period, the weight of the ink droplet breathed out according to the 2nd pulse can be reduced.

[097] Consequently, it becomes possible by taking into consideration the period Tc of helmholtz resonance of a meniscus to control the weight of an ink droplet finely. As an ink droplet becomes the viscosity of ink falls and is easy to be breathed out, using this description It is also possible to perform control referred to as to extend the timing of the regurgitation of the 2nd ink droplet from the integral multiple of a period Tc to twice (integer +1/2) (or shrunken), to set the part as for which a viscous change becomes is easy to be breathed out, and not to be based on a viscous change, but to keep the weight of an ink droplet constant. It is also suitable to determine the timing of the 1st signal of the 2nd pulse and the timing of the regurgitation of the 2nd ink droplet from the first in consideration of both period Tm and the proper oscillation of a meniscus and period Tc by helmholtz resonance. In this case, it becomes possible to take the largest adjustable range of ink weight to the condition which made ink weight min by making both into the worst

conditions from the condition which chose both the optimal and made ink weight max.

098] Although some examples of this invention were explained above, this invention is not limited to these examples all, and can be carried out in various modes within limits which do not change the summary of this invention. For example, in the above-mentioned example, although flexurally oscillating child type PZT was used for the piezo-electric element, it may be PZT of the longitudinal-oscillation transversal effect. However, charge and discharge will interchange to flexurally oscillating child type PZT in this case. Moreover, as a pressure generating component, other components, such as not only a piezo-electric element but magnetostrictor, may be used.

---

translation done.]

## NOTICES \*

pan Patent Office is not responsible for any  
 mages caused by the use of this translation.

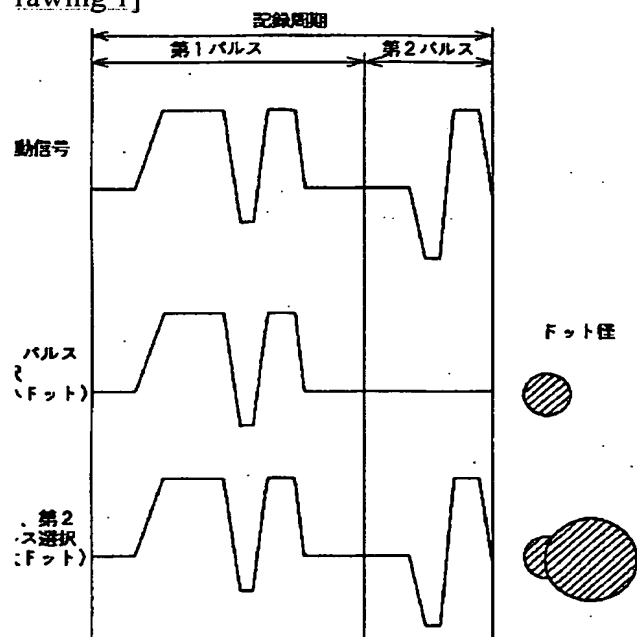
This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

n the drawings, any words are not translated.

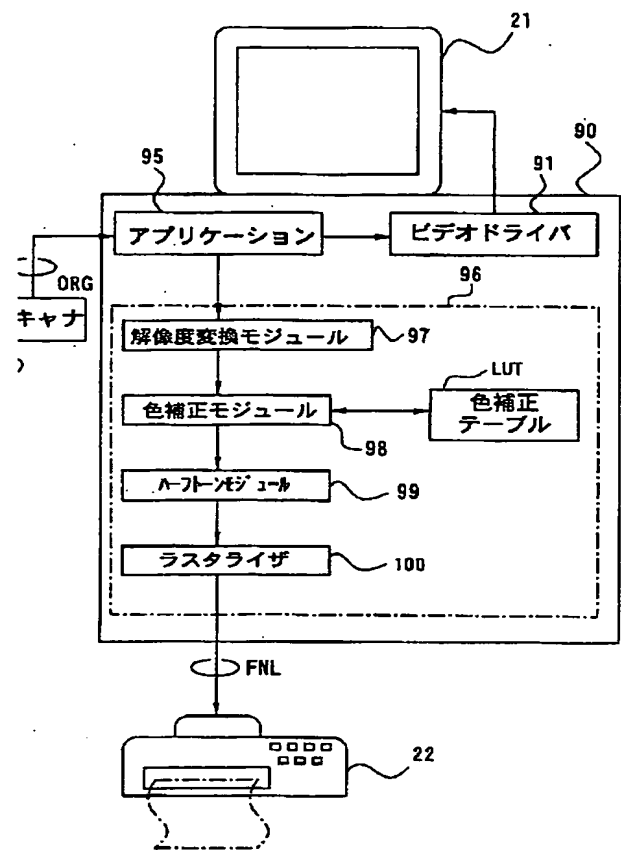
## DRAWINGS

rawing 1]

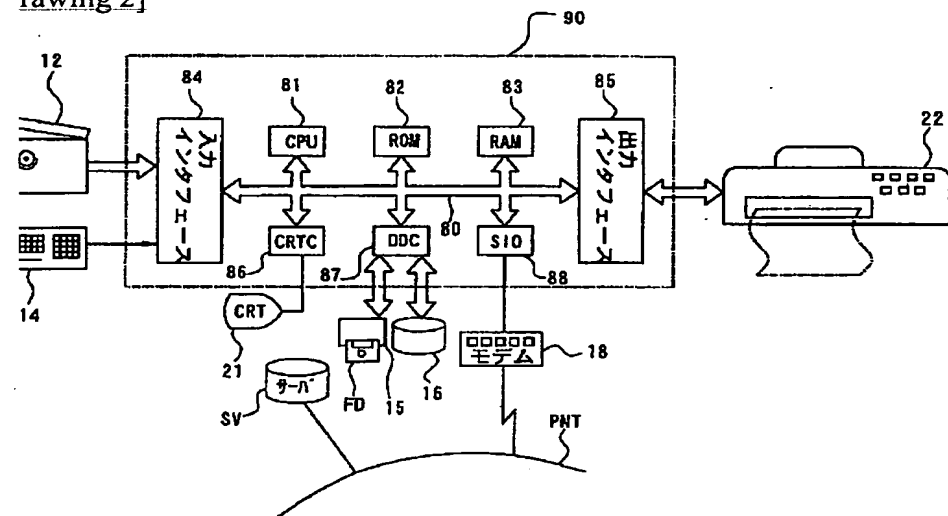


動信号	第1パルス	第2パルス	デコード値
(00)	x	x	(00)
(01)	○	x	(10)
(10)	○	○	(11)

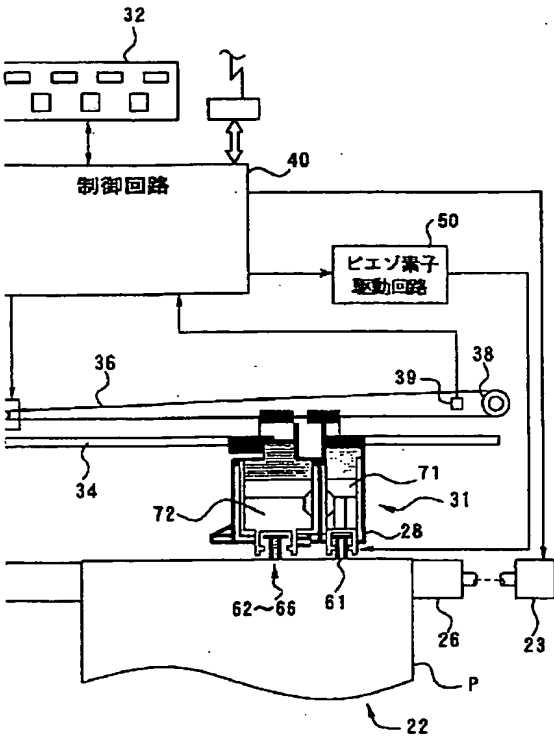
rawing 3]



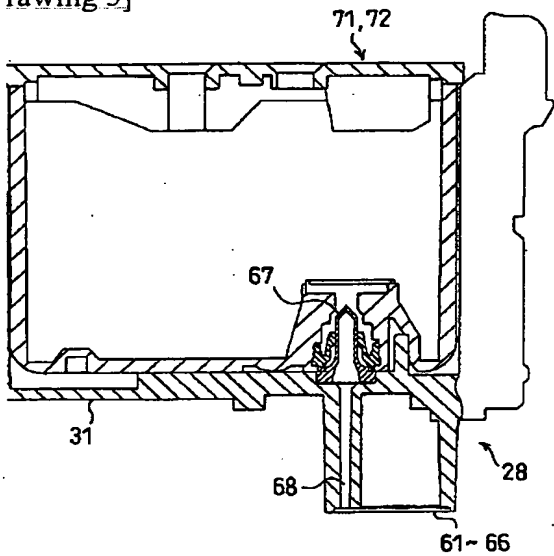
rawing 2]



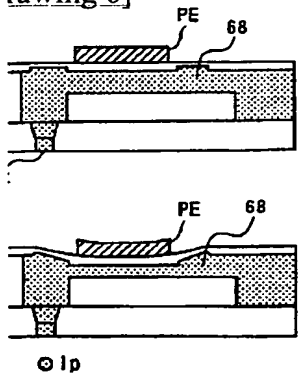
rawing 4]



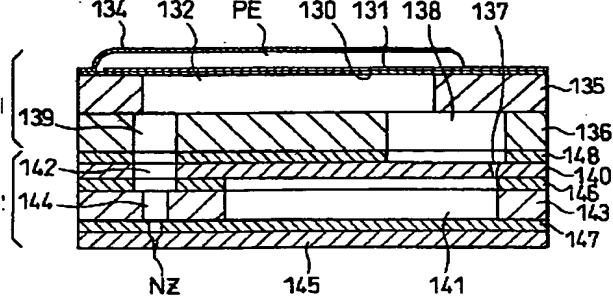
rawing 5]



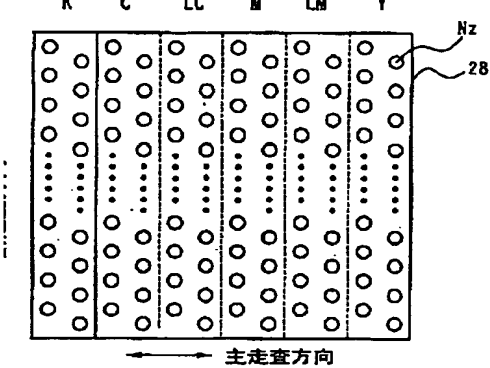
rawing 6]



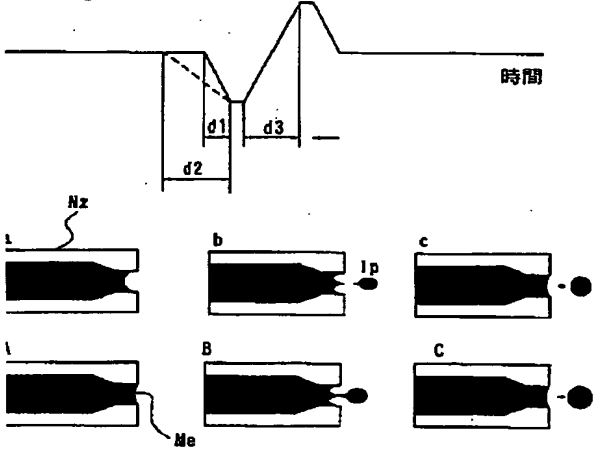
rawing 7]



rawing 8]

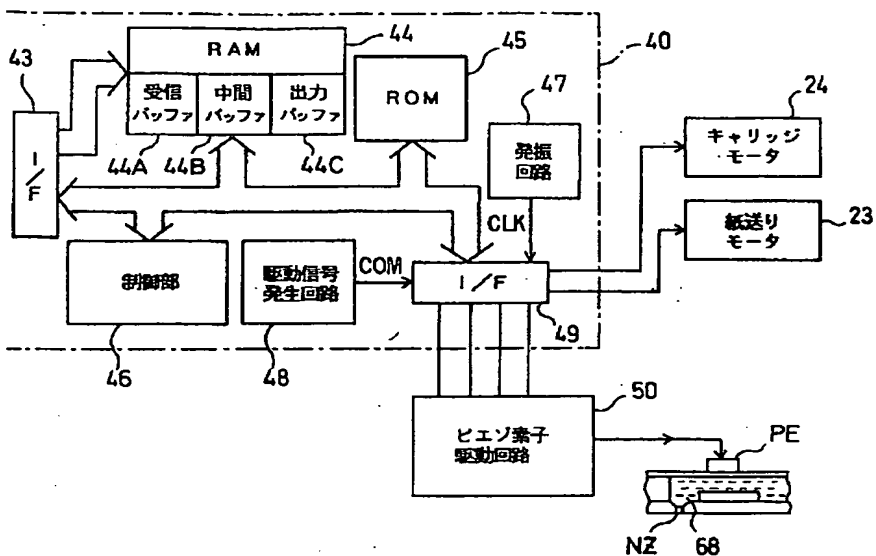


rawing 9]

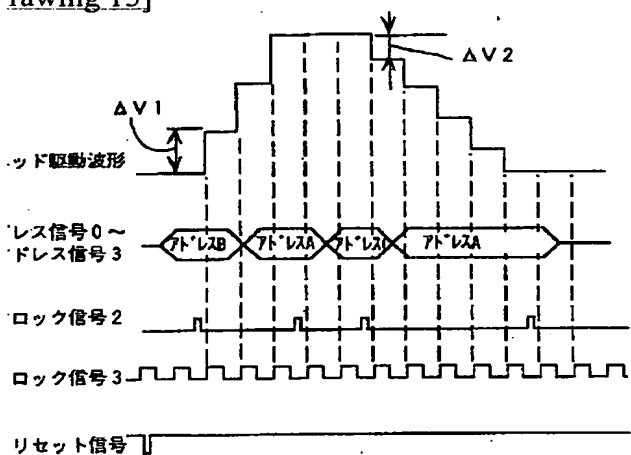


rawing 10]

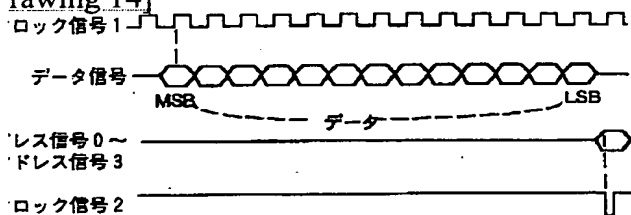




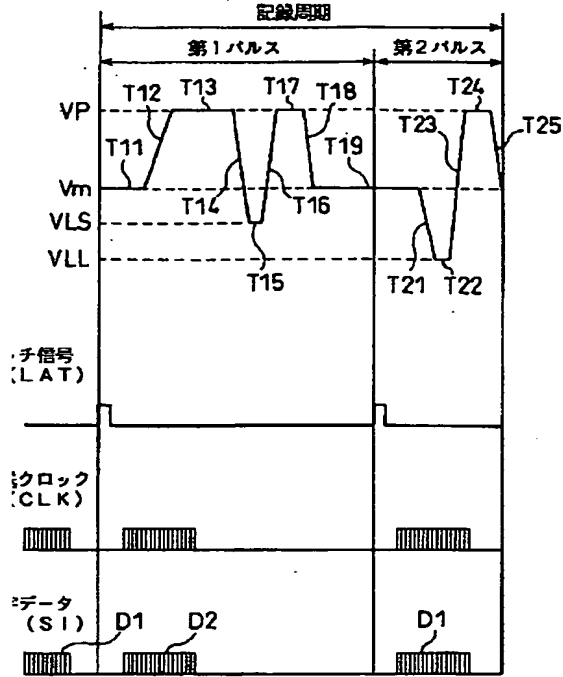
rawing 13]



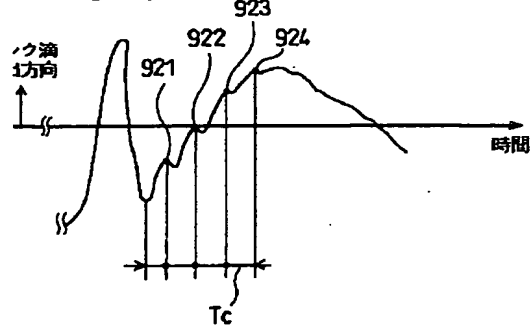
rawing 14]



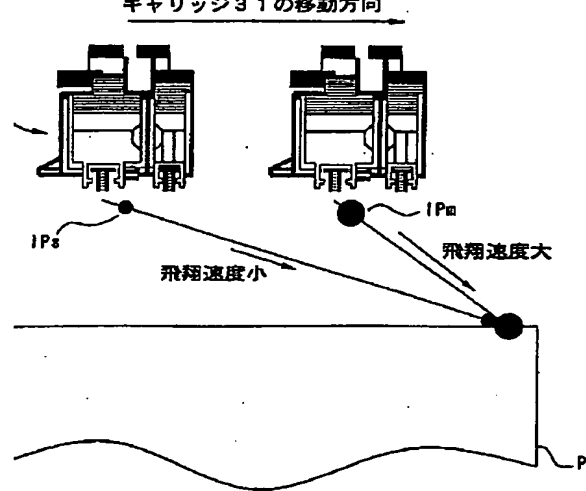
rawing 11]



rawing 24]



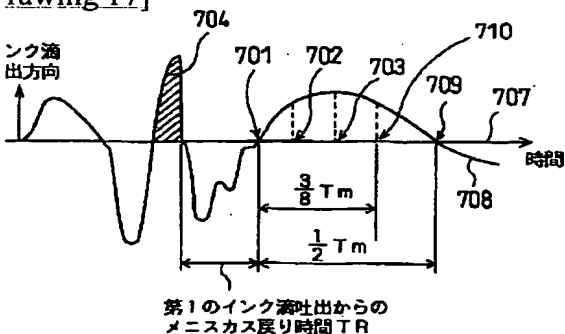
rawing 15]



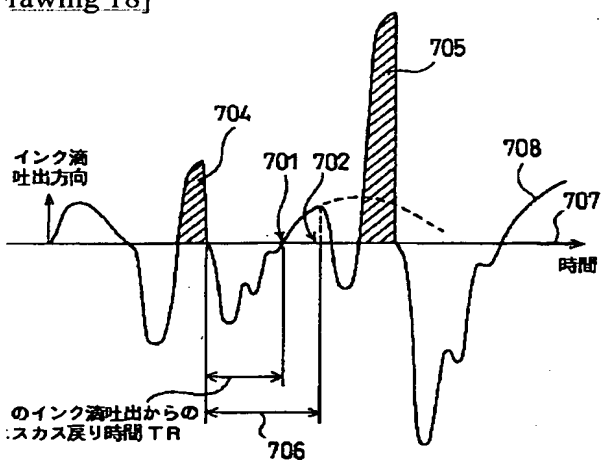
rawing 16]

パルス選択	1 記録周期あたりのインク滴重量	
第1パルスのみ	5 ng	(本実施例)
第2パルスのみ	10 ng	
1パルス+第2パルス	20 ng	(本実施例)

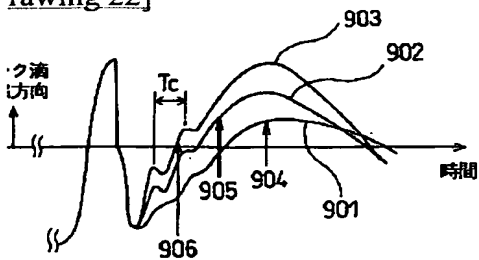
rawing 17]



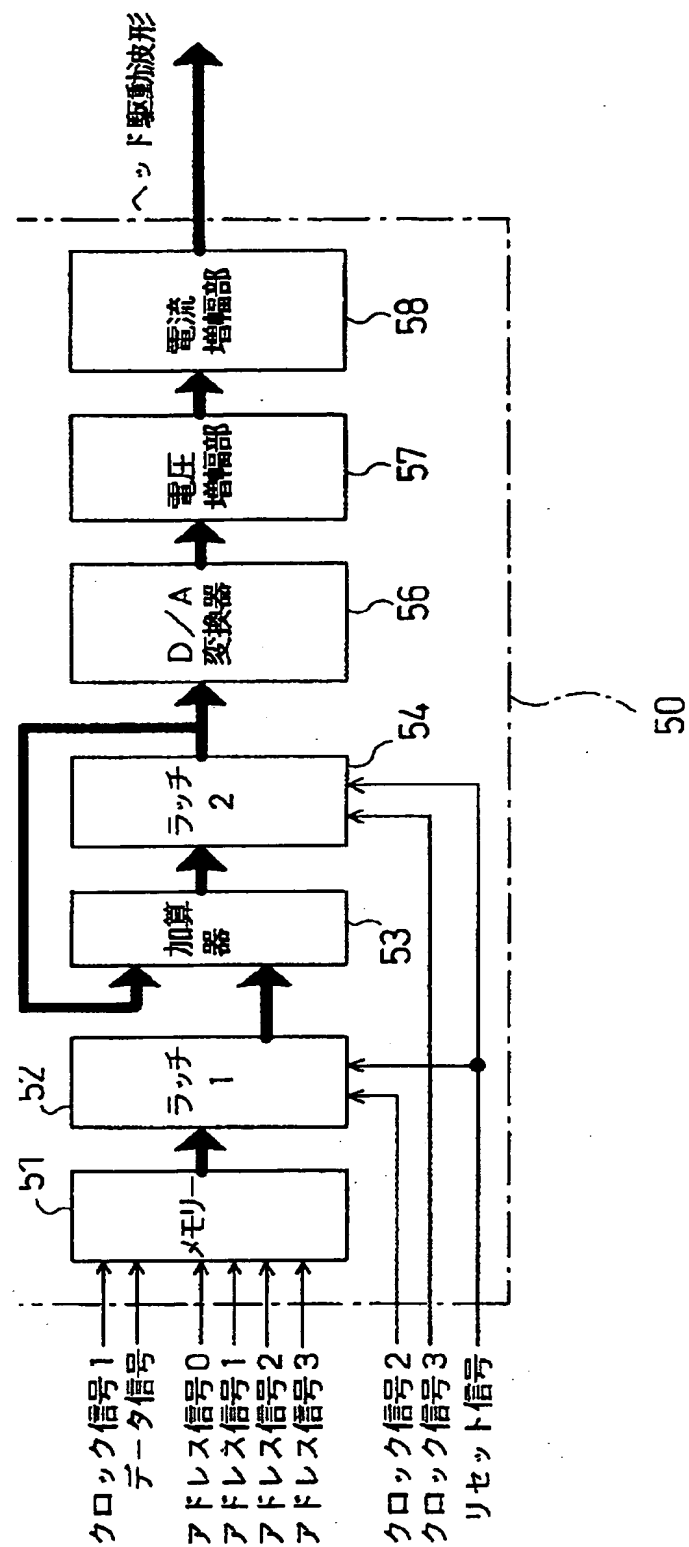
rawing 18]



rawing 22]

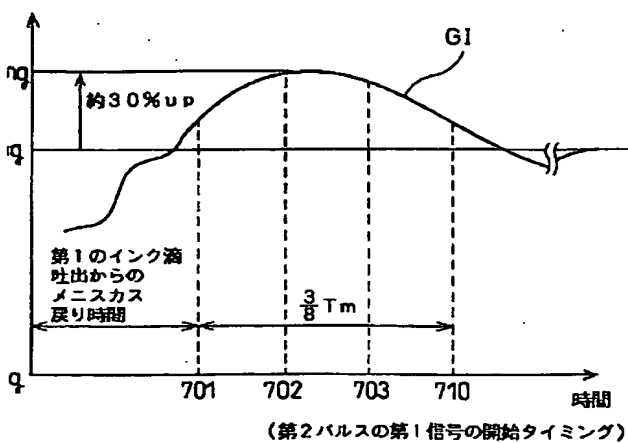


rawing 12]

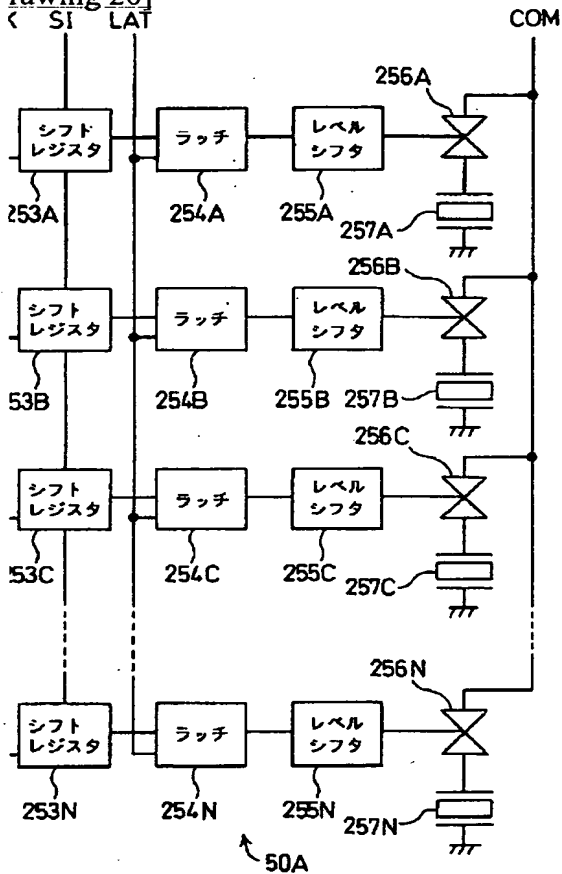


rawing 19]

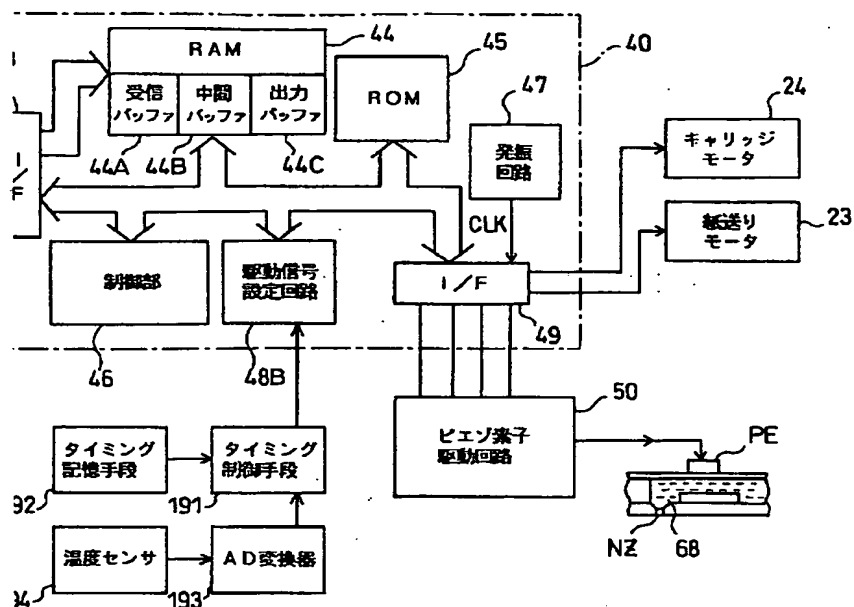
パルスと第2パルスにより  
するインク滴重量



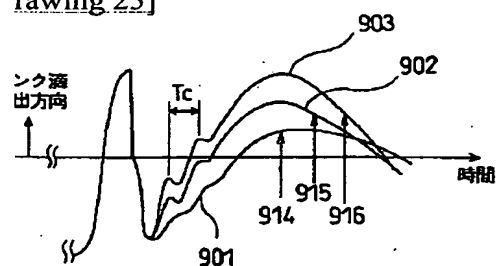
rawing 20]



rawing 21]



rawing 23]



translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-20165

(43) 公開日 平成11年(1999) 1月26日

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>  
B41J 2/045  
2/055  
2/205  
H04N 1/23 101

F I  
B41J 3/04 103 A  
H04N 1/23 101 B  
B41J 3/04 103 X

審査請求 未請求 請求項の数14 F D (全23頁)

(21) 出願番号 特願平10-123948

(22) 出願日 平成10年(1998) 4月16日

(31) 優先権主張番号 特願平9-117332

(32) 優先日 平9(1997) 5月7日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000002369

セイコーエプソン株式会社

東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

(72) 発明者 米窪 周二

長野県諏訪市大和三丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

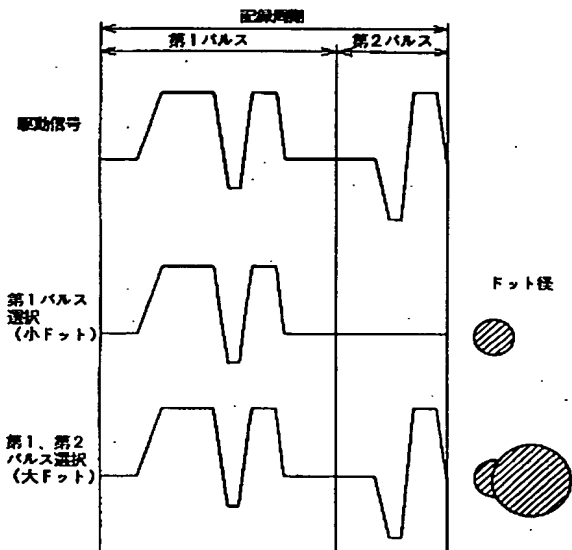
(74) 代理人 弁理士 下出 隆史 (外2名)

(54) 【発明の名称】 インクジェット記録ヘッドの駆動装置およびその方法並びにこの装置を用いた印刷装置

(57) 【要約】

【課題】 ピエゾ素子を制御してノズルから吐出するインク量を可変する場合において、一記録周期内に吐出されるインク量の可変範囲を広げる。

【解決手段】 一記録周期内に二つのパルスを有する駆動信号をピエゾ素子駆動回路50で生成する。このとき、第1パルスが終了してから、第2パルスの第1信号T21までの時間を、インク通路先端のインク界面（メニスカス）の戻り時間TR+固有振動による周期Tmの3/8程度とすることにより、メニスカスがインク通路内で後退していない状態でインク滴の吐出を行なうことができ、インク滴の重量を、第1、第2パルス単独でそれぞれ吐出した場合のインク量の総和より最大30パーセント程度大きくすることができる。



階調値	第1パルス	第2パルス	デコード値
1 (00)	x	x	(00)
2 (01)	○	x	(10)
3 (10)	○	○	(11)

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数のノズル開口の各々に対応して設けられた圧力発生素子を作動させることにより、前記ノズル開口からインク滴を吐出させるインクジェット記録ヘッドの駆動装置であって、

前記複数のノズルから第 1 のインク滴を吐出させるための第 1 の駆動パルスと、該複数のノズルから前記第 1 のインク滴より大きな第 2 のインク滴を吐出させるための第 2 の駆動パルスとを含んでなる駆動信号を発生させる駆動信号発生手段と、

前記録画素に対応した一記録周期内で前記各駆動パルスのうちの少なくとも一つの駆動パルスを選択する駆動パルス選択手段と、

該選択された駆動パルスを含む前記駆動信号により、前記圧力発生素子を作動する素子駆動手段と、

記第 1 または第 2 のインク滴により形成されるドットより大きいドットを形成しようとする場合には、前記パルス選択手段により、前記一記録周期内に前記第 1 の駆動パルスと前記第 2 の駆動パルスとを選択し、両駆動パルスに応じたインク滴により前記録媒体上に大ドットを形成する大ドット形成手段とを備えたインクジェット記録ヘッドの駆動装置。

【請求項 2】 請求項 1 記載のインクジェット記録ヘッドの駆動装置であって、

該圧力発生素子の変形により容積が低減されてインクの液圧を増加する圧力発生室を、前記ノズルへのインク通路に連通して設け、

前記駆動信号発生手段は、

前記第 2 の駆動パルスを、前記圧力発生室を膨張させる第 1 信号と、膨張状態を保持する第 2 信号と、前記圧力発生室を収縮する第 3 信号とを少なくとも有するパルスとして形成すると共に、

前記第 1 のインク滴吐出のタイミングと前記第 2 の駆動パルスの前記第 1 信号の開始タイミングとの時間差を、前記第 1 のインク滴吐出からのメニスカス戻り時間  $T_R$  より長く、 $T_R + 3 \cdot T_m / 8$  ( $T_m$  は、メニスカス固有振動周期) より短い時間として定めるインクジェット記録ヘッドの駆動装置。

【請求項 3】 請求項 2 記載のインクジェット記録ヘッドの駆動装置であって、

前記インクの吐出の程度に関与するインクの性状を反映したパラメータを検出する検出手段と、

該検出手段により検出されたパラメータに基づいて前記第 1 信号の開始タイミングを、前記第 1 のインク滴吐出のタイミングと前記第 1 信号の開始タイミングとの時間差を可変するタイミング変更手段とを備えたインクジェット記録ヘッドの駆動装置。

【請求項 4】 前記検出手段は、前記パラメータとして、前記インクの温度を検出するセンサであり、前記第 1 のインク滴吐出のタイミングと前記第 1 信号の開始タ

イミングとの時間差を、該検出された温度が低温から高温となるにしたがって長い側に可変する請求項 3 記載のインクジェット記録ヘッドの駆動装置。

【請求項 5】 請求項 1 記載のインクジェット記録ヘッドの駆動装置であって、

該圧力発生素子の変形により容積が低減されてインクの液圧を増加する圧力発生室を、前記ノズルへのインク通路に連通して設けると共に、

前記駆動信号発生手段を、前記第 1 のインク滴吐出のタイミングと前記第 2 のインク滴吐出のタイミングとの時間差を、前記圧力発生室内のインクのヘルムホルツ共振による振動の周期  $T_c$  を考慮した時間として定める手段としたインクジェット記録ヘッドの駆動装置。

【請求項 6】 請求項 2 記載のインクジェット記録ヘッドの駆動装置であって、

前記駆動信号発生手段を、前記第 1 のインク滴吐出のタイミングと前記第 2 のインク滴吐出のタイミングとの時間差を、前記圧力発生室内のインクのヘルムホルツ共振による振動の周期  $T_c$  を考慮した時間として定める手段としたインクジェット記録ヘッドの駆動装置。

【請求項 7】 請求項 5 記載のインクジェット記録ヘッドの駆動装置であって、

前記駆動信号発生手段は、前記第 1 のインク滴吐出のタイミングと前記第 2 のインク滴吐出のタイミングとの時間差を、前記ヘルムホルツ共振による振動の周期  $T_c$  の整数倍として定める手段としたインクジェット記録ヘッドの駆動装置。

【請求項 8】 請求項 5 記載のインクジェット記録ヘッドの駆動装置であって、

前記インクの吐出の程度に影響を与えるパラメータを検出する検出手段と、

該検出手段により検出されたパラメータに基づいて、前記第 1 のインク滴吐出のタイミングと前記第 2 のインク滴吐出のタイミングとの時間差を、前記インクが吐出されやすくなるに従って、前記周期  $T_c$  の (整数 + 1 / 2) 倍へと可変する手段とを備えたインクジェット記録ヘッドの駆動装置。

【請求項 9】 複数のノズル開口の各々に対応して設けられた圧力発生素子を作動させることにより、前記ノズル開口からインク滴を吐出させるインクジェット記録ヘッドの駆動方法であって、

前記複数のノズルから第 1 のインク滴を吐出させるための第 1 の駆動パルスと、該複数のノズルから前記第 1 のインク滴より大きな第 2 のインク滴を吐出させるための第 2 の駆動パルスとを含んでなる駆動信号を発生させ、記録画素に対応した一記録周期内で前記各駆動パルスのうちの少なくとも一つの駆動パルスを選択し、

記第 1 または第 2 のインク滴により形成されるドットより大きいドットを形成しようとする場合には、前記一記録周期内に前記第 1 の駆動パルスと前記第 2 の駆動パル



スとを選択し、

該選択された駆動パルスを含む前記駆動信号により、前記圧力発生素子を駆動するインクジェット記録ヘッドの駆動方法。

【請求項 1 0】 請求項 9 記載のインクジェット記録ヘッドの駆動方法であって、

前記駆動パルスを発生する際、

前記第 2 の駆動パルスを、前記圧力発生素子の変形により容積が低減されてインクの液圧を増加する圧力発生室を膨張させる第 1 信号と、該膨張状態を保持する第 2 信号と、前記圧力発生室を収縮する第 3 信号とを少なくとも有するパルスとして形成すると共に、

前記第 1 のインク滴吐出のタイミングと、前記第 2 の駆動パルスの前記第 1 信号の開始タイミングとの時間差を、前記第 1 のインク滴吐出からのメニスカス戻り時間  $TR$  より長く、 $TR + 3 \cdot Tm / 8$  ( $Tm$ は、メニスカス固有振動周期) より短い時間とするインクジェット記録ヘッドの駆動方法。

【請求項 1 1】 請求項 9 記載のインクジェット記録ヘッドの駆動方法であって、

前記駆動パルスを発生する際、

前記第 1 のインク滴吐出のタイミングと前記第 2 のインク滴吐出のタイミングとの時間差を、前記圧力発生室内のインクのヘルムホルツ共振による振動の周期  $Tc$  を考慮した時間として定めるインクジェット記録ヘッドの駆動方法。

【請求項 1 2】 複数のノズル開口の各々に対応して設けられた圧力発生素子を作動させることにより、前記ノズル開口からインク滴を吐出させるインクジェット記録ヘッドを備え、該ノズルから吐出されるインク滴により、記録媒体上に画像を記録する印刷装置であって、更に、画像を構成する画素毎に階調値を有する印字データを入力する印字データ入力手段と、

前記複数のノズルから第 1 のインク滴を吐出させるための第 1 の駆動パルスと、該複数のノズルから前記第 1 のインク滴より大きな第 2 のインク滴を吐出させるための第 2 の駆動パルスとを含んでなる駆動信号を発生させる駆動信号発生手段と、

記録画素に対応した一記録周期内で、前記入力された印字データの階調値に基づいて、前記第 1、第 2 の駆動パルスのいずれも選択せずインク滴を吐出しないか、前記第 1 または第 2 の駆動パルスのいずれか一方のみ選択するか、前記第 1 および第 2 の駆動パルスの両方を選択するかを決定する駆動パルス選択手段と、

該選択された駆動パルスを含む前記駆動信号により前記圧力発生素子を駆動する素子駆動手段とを備えた印刷装置。

【請求項 1 3】 請求項 1 2 記載の印刷装置であって、該圧力発生素子の変形により容積が低減されてインクの液圧を増加する圧力発生室を、前記ノズルへのインク通

路に連通して設け、

前記駆動信号発生手段は、

前記第 2 の駆動パルスを、前記圧力発生室を膨張させる第 1 信号と、該膨張状態を保持する第 2 信号と、前記圧力発生室を収縮する第 3 信号とを少なくとも有するパルスとして形成すると共に、

前記第 1 のインク滴吐出のタイミングと前記第 2 の駆動パルスの前記第 1 信号の開始タイミングとの時間差を、前記第 1 のインク滴吐出からのメニスカス戻り時間  $TR$  より長く、 $TR + 3 \cdot Tm / 8$  ( $Tm$ は、メニスカス固有振動周期) より短い時間として定める手段である印刷装置。

【請求項 1 4】 請求項 1 2 記載の印刷装置であって、該圧力発生素子の変形により容積が低減されてインクの液圧を増加する圧力発生室を、前記ノズルへのインク通路に連通して設けると共に、

前記駆動信号発生手段を、前記第 1 のインク滴吐出のタイミングと前記第 2 のインク滴吐出のタイミングとの時間差を、前記圧力発生室内のインクのヘルムホルツ共振による振動の周期  $Tc$  を考慮した時間として定める手段とした印刷装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】本発明は、同一ノズルから異なる大きさのインク滴を吐出するインクジェット記録ヘッドの駆動装置およびその方法、更にこの駆動装置を用いた印刷装置に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】インクジェットプリンタは、印刷しようとする画像に対して 2 以上の多値化を行ない、多値化の結果得られたドットのオン・オフの信号に基づいて、記録ヘッドの各ノズルにより記録媒体上へのドットの形成を制御している。具体的には、記録ヘッド上の複数のノズルからインク滴がそれぞれ所定のタイミングで吐出され、これらの各インク滴が記録紙等の記録媒体の表面にドットを形成することで記録を行なう構成としている。インクを吐出する手法は、基本的には、ノズルに至るインク通路において、極めて短時間、インクを加圧することにより、加圧されたインクがノズル先端からインク滴となって吐出されるというものである。インクに加える圧力の発生メカニズムの相違により、電歪素子を用いて圧力を発生する方式や加熱による気泡の発生を持つて圧力を加える方式などが知られている。いずれのメカニズムを採用しても、ノズル先端からインクを吐出するインクジェット方式では、インク滴を吐出するかしないか、つまりドットのオンオフ制御を行なうに過ぎず、吐出されるインク滴のインク重量を連続的かつ自由に制御することは極めて困難であり、そのままでは中間階調を記録することはできなかった。

【0 0 0 3】そこで、従来より、中間階調を表現するた

めに、面積階調やディザ法、誤差拡散法といった手法が提案されている。面積階調による中間階調の記録を例にとると、1つの画素を4×4、8×8等の複数のドットで表現することによって中間階調の記録を実現している。4×4のドットマトリックスで1つの画素を表現すれば、16階調（全白を含めると17階調）で濃淡を表現することができる。画素の分解能を上げれば、より細やかに階調表現を行うことができる。しかし、記録ドット径を変えずに階調を上げると実質的な解像度は低下する。また、記録紙上の記録ドット径が大きいと、低濃度領域の粒状性が目立つようになる。従って、インク滴の重量を少なくして記録するドット径を小さくする必要がある。

【0004】ドット径を小さくするために、インク重量の小さなインク滴を吐出する技術としては、例えば特開昭55-17589号公報等に記載されているように、インク通路に接続された圧力発生室の容積を一旦膨張させてから収縮させるという、いわゆる「引き打ち」を行なうものが知られている。圧力発生室の容積を一旦大きくすることで、ノズルにおけるインク先端面（メニスカス）が後退するため、加圧時にノズルから吐出するインク滴が小さくなり、記録ドット径を小さくすることが可能となる。

【0005】記録ドット径が小さくなれば、低濃度領域での粒状性が目立たず記録品質を高めることができるが、記録速度が大幅に低下する。例えば、通常の記録ドット径の約半分にした小径のドットのみを用いる場合は、通常の記録ドット径を用いた場合の4倍の記録時間を要する。記録速度の低下を防止するためには、インク滴を吐出する駆動周波数を4倍に高めるか、あるいはノズル数を4倍に増やせばよいが、いずれも容易ではない。

【0006】そこで、同一のノズルから異なる重量のインク滴を吐出させ階調記録を可能とする技術も提案されている（例えば、米国特許第5,285,215号明細書）。かかる技術では、一つの記録周期内において同一パルス信号を複数個発生することによって微少なインク滴を複数発生させ、記録紙上に着弾する前に、これら複数の微少なインク滴を合体させて大きなインク滴を生成しようとしている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】前記公報記載の技術によれば、微少なインク滴の吐出と、複数のインク滴が合体した大きなインク滴の吐出とを制御することが可能であるが、記録紙着弾前に、大きさがほぼ同一の複数のインク滴を確実に合体させるには、ノズル先端から記録紙までの距離やインク滴の吐出速度とヘッドの移動速度との関係など、多くの条件を満たさなければならない。同様に、記録ドット径の可変範囲も狭いという問題があった。

【0008】本発明は、係る問題を解決することを目的としてなされ、記録ドット径の可変範囲を更に広くすることのできるインクジェット記録ヘッドの駆動装置、その方法、およびこの記録ヘッドの駆動装置を用いた印刷装置を提供するものである。

【0009】

【課題を解決するための手段およびその作用・効果】このような問題の少なくとも一部を解消するために本発明は、次の構成を採用した。即ち、本発明のインクジェット記録ヘッドの駆動装置は、複数のノズル開口の各々に対応して設けられた圧力発生素子を作動させることにより、前記ノズル開口からインク滴を吐出させるインクジェット記録ヘッドの駆動装置であって、前記複数のノズルから第1のインク滴を吐出させるための第1の駆動パルスと、該複数のノズルから前記第1のインク滴より大きな第2のインク滴を吐出させるための第2の駆動パルスとを含んでなる駆動信号を発生させる駆動信号発生手段と、記録画素に対応した一記録周期内で前記各駆動パルスのうちの少なくとも一つの駆動パルスを選択する駆動パルス選択手段と、該選択された駆動パルスを含む前記駆動信号により、前記圧力発生素子を駆動する素子駆動手段と、記第1または第2のインク滴により形成されるドットより大きいドットを形成しようとする場合には、前記パルス選択手段により、前記一記録周期内に前記第1の駆動パルスと前記第2の駆動パルスとを選択し、両駆動パルスに応じたインク滴により前記記録媒体上に大ドットを形成する大ドット形成手段とを備えたことを要旨としている。

【0010】この記録ヘッドの駆動装置に対応する記録ヘッドの駆動方法の発明は、複数のノズル開口の各々に対応して設けられた圧力発生素子を作動させることにより、前記ノズル開口からインク滴を吐出させるインクジェット記録ヘッドの駆動方法であって、前記複数のノズルから第1のインク滴を吐出させるための第1の駆動パルスと、該複数のノズルから前記第1のインク滴より大きな第2のインク滴を吐出させるための第2の駆動パルスとを含んでなる駆動信号を発生させ、記録画素に対応した一記録周期内で前記各駆動パルスのうちの少なくとも一つの駆動パルスを選択し、記第1または第2のインク滴により形成されるドットより大きいドットを形成しようとする場合には、前記一記録周期内に前記第1の駆動パルスと前記第2の駆動パルスとを選択し、該選択された駆動パルスを含む前記駆動信号により、前記圧力発生素子を駆動することを要旨としている。

【0011】かかるインクジェット記録ヘッドの駆動装置および駆動方法によれば、一記録周期内で、大きさの異なる第1、第2のインク滴に対応した各駆動パルスの内の少なくとも一つの駆動パルスを選択し、この駆動パルスを含む駆動信号により圧力発生素子を駆動する。したがって、第1の駆動パルスに対応して形成される第1

のインク滴によるドットと、第2の駆動パルスに対応して形成される第2のインク滴によるドットと、第1および第2の駆動パルスの両者に対応して形成される第1および第2のインク滴によるドットとが形成可能であり、少なくともこのうちの二つのドットを利用することで、ドットを形成しない、小ドットを形成する、これより大きなドットを形成するという3値化以上の多値化を行なうことができる。

【0012】また、かかるインクジェット記録ヘッドの駆動装置および駆動方法では、圧力発生素子の変形により容積が低減されてインクの液圧を増加する圧力発生室を、前記ノズルへのインク通路に連通して設けておき、他方、駆動信号を以下のように定め、かつ制御することが考えられる。一つは、第2の駆動パルスを、前記圧力発生室を膨張させる第1信号と、膨張状態を保持する第2信号と、前記圧力発生室を収縮する第3信号とを少なくとも有するパルスとして形成すると共に、前記第1のインク滴吐出のタイミングと、前記第2の駆動パルスの前記第1信号の開始タイミングとの時間差を、前記第1のインク滴吐出からのメニスカス戻り時間 $T_R$ より長く、 $T_R + 3 \cdot T_m / 8$  ( $T_m$ は、メニスカス固有振動周期)より短い時間として定める構成である。かかる構成を採用することにより、第1のインク滴吐出からのメニスカス戻りによるインクの動きを利用して、第2のインク滴を、大きなインク滴としてすることが容易となる。

【0013】この場合、インクの吐出のされ易さは、インクの様々な性状により影響を受ける。例えば、インクの粘性が高くなれば、吐出されにくくなり、同じ駆動信号を与えてもインク滴は小さくなると考えられる。インクの吐出のされ易さは、インクの粘性、もしくは粘性と強い相関を示すインクの温度によって影響を受けるから、常に同じタイミングで第2の駆動パルスの第1信号のタイミングを定めると、インクの粘性によっては、インク滴の大きさが非所望の大きさになってしまう場合が考えられる。そこで、インクの粘性、またはこれを反映した何らかのパラメータ(例えばインク温度など)を検出し、該検出したパラメータに基づいて前記第1信号の開始タイミングを、前記第1のインク滴吐出のタイミングと前記第1信号の開始タイミングとの時間差を可変するものとするのも好適である。

【0014】通常のインクではその粘性は温度が高くなるほど低くなるから、第1のインク滴吐出のタイミングと第2の駆動パルスの第1信号の開始タイミングとの時間差を、前記検出された温度が低温から高温となるにしたがって長い側に可変することも好適である。この場合、第2のインク滴の大きさを、インク温度によらず同程度に保つことができる。

【0015】上記の構成は、第1のインク滴を吐出したとき、インク先端の界面(メニスカス)が一旦大きく後

退してから元の位置に戻った後、メニスカスが固有の振動数で振動するというインクの大きな動きを考慮したものであるが、インクの動きを詳細に観察すると、インク通路や圧力発生室の剛性や形状に依存すると見られるヘルムホルツ共振による振動が存在する。したがって、このヘルムホルツ共振による振動の周期を考慮して駆動信号を生成することも有効である。この場合にも、圧力発生素子の変形により容積が低減されてインクの液圧を増加する圧力発生室を、前記ノズルへのインク通路に連通して設け、かつ、前記第1のインク滴吐出のタイミングと前記第2のインク滴吐出のタイミングとの時間差を、前記圧力発生室内のインクのヘルムホルツ共振による振動の周期 $T_c$ を考慮した時間として定めることになる。

【0016】インク通路のインクの固有振動を考慮して第2のインク滴を生成する第2のパルスのタイミングを決めることにより、第2のインク滴の大きさを細かく制御することが可能となる。なお、かかる制御は、上述したメニスカス戻り時間を考慮した制御と重ねて行なっても好適である。

【0017】固有振動数を考慮した前記第1のインク滴吐出のタイミングと、前記第2のインク滴吐出のタイミングとの時間差の決め方としては、例えば、この時間差を、圧力発生室内のインクのヘルムホルツ共振による振動の周期 $T_c$ の整数倍として定めることが考えられる。整数倍の場合には、固有振動を利用して、第2のインク滴の重量を高めることができる。

【0018】なお、インクの吐出のされ易さがインクの温度などの性状の変化により増減した場合には、ヘルムホルツ共振による振動の周期を考慮して吐出するインク量を常に増加させたのでは、結果的に非所望のインク量となってしまうことが考えられる。したがって、インクの吐出のされ易さ、たとえばインクの粘性(あるいはこれを反映したインクの温度等)を反映したパラメータを検出し、該パラメータに基づいて、前記第1のインク滴の吐出のタイミングと前記第2のインク滴吐出のタイミングとの時間差を、前記検出されたパラメータによりインクが吐出され易くなるに従って、ヘルムホルツ共振による振動の周期 $T_c$ の(整数+1/2)倍へと可変するものとしてもよい。この場合も、インクの性状が変化して吐出されやすくなっても、インク滴の重量は同程度に保たれる。

【0019】更に、上述したインクジェット記録ヘッドの駆動装置はまた駆動方法を適用した印刷装置の発明を考へることができる。かかる印刷装置は、複数のノズル開口の各々に対応して設けられた圧力発生素子を作動させることにより、前記ノズル開口からインク滴を吐出させるインクジェット記録ヘッドを備え、該ノズルから吐出されるインク滴により、記録媒体上に画像を記録する印刷装置であって、更に、画像を構成する画素毎に階調値を有する印字データを入力する印字データ入力手段と、

10

20

30

40

50

前記複数のノズルから第1のインク滴を吐出させるための第1の駆動パルスと、該複数のノズルから前記第1のインク滴より大きな第2のインク滴を吐出させるための第2の駆動パルスとを含んでなる駆動信号を発生させる駆動信号発生手段と、記録画素に対応した一記録周期内で、前記入力された印字データの階調値に基づいて、前記第1、第2の駆動パルスのいずれも選択せずインク滴を吐出しないか、前記第1または第2の駆動パルスのいずれか一方のみ選択するか、前記第1および第2の駆動パルスの両方を選択するかを決定する駆動パルス選択手段と、該選択された駆動パルスを含む前記駆動信号により前記圧力発生素子を駆動する素子駆動手段とを備えたことを要旨としている。

【0020】この印刷装置は、入力した印字データの階調値に基づいて、一記録周期内で、大きさの異なる第1、第2のインク滴に対応した各駆動パルスの内の少なくとも一つの駆動パルスを選択し、この駆動パルスを含む駆動信号により圧力発生素子を駆動する。したがって、第1の駆動パルスに対応して形成される第1のインク滴によるドットと、第2の駆動パルスに対応して形成される第2のインク滴によるドットと、第1および第2の駆動パルスの両者に対応して形成される第1および第2のインク滴によるドットとが形成可能であり、少なくともこのうちの二つのドットを利用することで、ドットを形成しない、小ドットを形成する、これより大きなドットを形成するという3値化以上の多値化を行なうことができる。この結果、小さいインク滴によるドットと、大きなインク滴によるドットとを、容易かつ確実に形成することができ、印刷速度を低下することなく、形成する画像の品質を格段に向上することができる。

【0021】なお、かかる印刷装置においても、メニスカス戻り時間 $T_R$ やその固有振動の周期 $T_m$ 、あるいはインク通路のインクの固有振動数 $T_c$ を考慮して、第1のパルス信号と第2のパルス信号との関係を定めることも好適である。

【0022】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について、実施例に基づき説明する。

A. 印刷装置の概略構成：説明の便を図って、まず印刷装置の全体構成から説明する。図2は、本発明の一実施例としての印刷装置の構成を示すブロック図である。図示するように、コンピュータ90にスキャナ12とカラープリンタ22とが接続されており、このコンピュータ90に所定のプログラムがロードされ実行されることにより、全体として印刷装置として機能する。図示するように、このコンピュータ90は、プログラムに従って画像処理に関わる動作を制御するための各種演算処理を実行するCPU81を中心に、バス80により相互に接続された次の各部を備える。ROM82は、CPU81で各種演算処理を実行するのに必要なプログラムやデータ

を予め格納しており、RAM83は、同じくCPU81で各種演算処理を実行するのに必要な各種プログラムやデータが一時的に読み書きされるメモリである。入力インターフェイス84は、スキャナ12やキーボード14からの信号の入力を司り、出力インターフェイス85は、プリンタ22へのデータの出力を司る。CRTC86は、カラー表示可能なCRT21への信号出力を制御し、ディスクコントローラ(DDC)87は、ハードディスク16やフレキシブルドライブ15あるいは図示しないCD-ROMドライブとの間のデータの授受を制御する。ハードディスク16には、RAM83にロードされて実行される各種プログラムやデバイスドライバの形式で提供される各種プログラムなどが記憶されている。

【0023】このほか、バス80には、シリアル入出力インターフェイス(SIO)88が接続されている。このSIO88は、モデム18に接続されており、モデム18を介して、公衆電話回線PNTに接続されている。コンピュータ90は、このSIO88およびモデム18を介して、外部のネットワークに接続されており、特定のサーバーSVに接続することにより、画像処理に必要なプログラムをハードディスク16にダウンロードすることも可能である。また、必要なプログラムをフレキシブルディスクFDやCD-ROMによりロードし、コンピュータ90に実行させることも可能である。

【0024】図3は本印刷装置のソフトウェアの構成を示すブロック図である。コンピュータ90では、所定のオペレーティングシステムの下で、アプリケーションプログラム95が動作している。オペレーティングシステムには、ビデオドライバ91やプリンタドライバ96が組み込まれており、アプリケーションプログラム95からはこれらのドライバを介して、プリンタ22に転送するための中間画像データMIDが出力されることになる。画像のレタッチなどを行うアプリケーションプログラム95は、スキャナ12から画像を読み込み、これに対して所定の処理を行いつつビデオドライバ91を介してCRTディスプレイ21に画像を表示している。スキャナ12から供給されるデータORGは、カラー原稿から読みとられ、レッド(R)、グリーン(G)、ブルー(B)の3色の色成分からなる原カラー画像データORGである。

【0025】このアプリケーションプログラム95が、印刷命令を発すると、コンピュータ90のプリンタドライバ96が、画像情報をアプリケーションプログラム95から受け取り、これをプリンタ22が処理可能な信号(ここではシアン、マゼンダ、イエロー、ブラックの各色についての多値化された信号)に変換している。図6に示した例では、プリンタドライバ96の内部には、解像度変換モジュール97と、色補正モジュール98と、色補正テーブルLUTと、ハーフトーンモジュール99と、ラスタライザ100とが備えられている。

【0026】解像度変換モジュール97は、アプリケーションプログラム95が扱っているカラー画像データの解像度、即ち単位長さ当たりの画素数をプリンタドライバ96が扱うことができる解像度に変換する役割を果たす。こうして解像度変換された画像データはまだRGBの3色からなる画像情報であるから、色補正モジュール98は色補正テーブルLUTを参照しつつ、各画素ごとにプリンタ22が使用するシアン(C)、マゼンダ

(M)、イエロー(Y)、ブラック(K)の各色のデータに変換する。こうして色補正されたデータは例えば256階調等の幅で階調値を有している。ハーフトーンモジュールは、ドットを分散して形成することによりプリンタ22でかかる階調値を表現するためのハーフトーン処理を実行する。本実施例では、後述するように、プリンタ22が、各画素について、ドットなし、小ドット形成、大ドット形成の3値の表現が可能であることから、3値化を行なっている。こうして処理された画像データは、ラスタライザ100によりプリンタ22に転送すべきデータ順に並べ替えられて、最終的な画像データFNLとして出力される。本実施例では、プリンタ22は画像データFNLに従ってドットを形成する役割を果たすのみであり画像処理は行なっていない。また、コンピュータ90側のプリンタドライバ96では、プリンタ22内部の後述するピエゾ素子駆動信号の調整などは行なっていないが、ピエゾ素子駆動信号に含まれる複数のパルス信号の設定などを、プリンタ22との双方向通信の機能を利用して、プリンタドライバ96側で行なうものとすることも可能である。

【0027】B. プリンタの概略構成：プリンタ22は、図4に示すように、紙送りモータ23によって用紙Pを搬送する機構と、キャリッジモータ24によってキャリッジ31をプラテン26の軸方向に往復動させる機構と、キャリッジ31に搭載された印字ヘッド28を駆動してインクの吐出およびドット形成を行う機構と、これらの紙送りモータ23、キャリッジモータ24、印字ヘッド28および操作パネル32との信号のやり取りを司る制御回路40と、この制御回路40からの信号を受けてピエゾ素子を駆動する駆動信号を生成するピエゾ素子駆動回路50とから構成されている。

【0028】キャリッジ31をプラテン26の軸方向に往復動させる機構は、プラテン26の軸と並行に架設されキャリッジ31を摺動可能に保持する摺動軸34と、キャリッジモータ24との間に無端の駆動ベルト36を張設するプーリ38と、キャリッジ31の原点位置を検出する位置検出センサ39等から構成されている。

【0029】このキャリッジ31には、黒インク(Bk)用のカートリッジ71とシアン(C1)、ライトシアン(C2)、マゼンダ(M1)、ライトマゼンダ(M2)、イエロ(Y)の5色のインクを収納したカラーインク用カートリッジ72が搭載可能である。シアンおよ

びマゼンダの2色については、濃淡2種類のインクを備えていることになる。キャリッジ31の下部の印字ヘッド28には計6個のインク吐出用ヘッド61ないし66が形成されており、キャリッジ31の底部には、この各色用ヘッドにインクタンクからのインクを導く導入管67(図5参照)が立設されている。キャリッジ31に黒(Bk)インク用のカートリッジ71およびカラーインク用カートリッジ72を上方から装着すると、各カートリッジに設けられた接続孔に導入管67が挿入され、各インクカートリッジから吐出用ヘッド61ないし66へのインクの供給が可能となる。

【0030】図8は、インク吐出用ヘッド61~66におけるインクジェットノズルNzの配列を示す説明図である。これらのノズルの配置は、各色ごとにインクを吐出する6組のノズルアレイから成っており、48個のノズルNzが一定のノズルピッチkで千鳥状に配列されている。各ノズルアレイの副走査方向の位置は互いに一致している。なお、各ノズルアレイに含まれる48個のノズルNzは、千鳥状に配列されている必要はなく、一直線上に配置されていてもよい。但し、図8に示すように千鳥状に配列すれば、製造上、ノズルピッチkを小さく設定し易いという利点がある。

【0031】上述したノズルNzからのインクの吐出は、制御回路40およびピエゾ素子駆動回路50により制御されている。制御回路40の内部構成を図10に示した。図示するように、制御回路40の内部には、コンピュータ90からの多値階調情報を含む印字データ等を受信するインターフェース(以下「I/F」という)43と、各種データの記憶を行うRAM44と、各種データ処理のためのルーチン等を記憶したROM45と、CPU等からなる制御部46と、発振回路47と、後述の印字ヘッド28の各ピエゾ素子への駆動信号を発生させる「駆動信号発生手段」としての駆動信号発生回路48と、ドットパターンデータに展開された印字データおよび駆動信号を、紙送りモータ23、キャリッジモータ24およびピエゾ素子駆動回路50に送信するためのI/F49とを備えている。

【0032】コンピュータ90からは、本実施例では、プリンタドライバ96により3値化処理がなされた後の印字データが送られてくるので、制御回路40は、この印字データを受信バッファ44Aに蓄えた後、印字ヘッドのノズルアレイの配置に従って一旦出力バッファ44Cにデータを展開し、これをI/F49を介して出力すれば足りる。他方、コンピュータ90から送信されるデータが、多値階調情報を含む印字データである場合(例えばポストスクリプト形式のデータである場合)には、プリンタ22は、制御回路40内で3値化の処理などを行なうものとするればよい。この場合、印字データは、I/F43を介して記録装置内部の受信バッファ44Aに蓄えられる。受信バッファ44Aに蓄えられた記録デー

タに対してコマンド解析が行われてから中間バッファ 4 4 B へ送られる。中間バッファ 4 4 B 内では、制御部 4 6 によって中間コードに変換された中間形式としての記録データが保持され、各文字の印字位置、修飾の種類、大きさ、フォントのアドレス等が付加する処理が、制御部 4 6 によって実行される。次に、制御部 4 6 は、中間バッファ 4 4 B 内の記録データを解析し、階調情報に応じた 3 値化を行ない、ドットパターンデータを出力バッファ 4 4 C に展開し、記憶させる。

【 0 0 3 3 】いずれの場合でも、出力バッファ 4 4 C には、3 値化されたドットパターンが展開され、蓄えられることになる。印字ヘッドは、後述するように、各色 4 8 個のノズルが備えられているため、ヘッドの 1 スキャン分に相当するドットパターンデータを出力バッファ 4 4 C に用意した後、このドットパターンデータを、I / F 4 9 を介して出力する。ドットパターンデータとして展開された印字データは、後述するように、各ノズル毎の階調データとして例えば 2 ビットで構成されており、「 0 0 」はドットなしに、「 1 0 」は小ドット形成に、「 1 1 」は大ドット形成に、それぞれ対応している。データの構成とドット形成の様子については、後述する。

【 0 0 3 4 】 C. インク吐出のメカニズム : インクの吐出およびドット形成を行なう機構について説明する。図 5 はインク吐出用ヘッド 2 8 の内部の概略構成を示す説明図、図 6 は、ピエゾ素子 P E の伸縮によりインクの吐出を行なう様子を示す模式図である。インクカートリッジ 7 1, 7 2 がキャリッジ 3 1 に装着されると、図 5 に示すように毛細管現象を利用してインクカートリッジ内のインクが導入管 6 7 を介して吸い出され、キャリッジ 3 1 下部に設けられた印字ヘッド 2 8 の各色ヘッド 6 1 ないし 6 6 に導かれる。なお、初めてインクカートリッジが装着されたときには、専用のポンプによりインクを各色のヘッド 6 1 ないし 6 6 に吸引する動作が行われるが、本実施例では吸引のためのポンプ、吸引時に印字ヘッド 2 8 を覆うキャップ等の構成については図示および説明を省略する。

【 0 0 3 5 】各色のヘッド 6 1 ないし 6 6 には、後で説明する通り、各色毎に 4 8 個のノズル N z が設けられており ( 図 8 参照 )、各ノズル毎に圧力発生素子として、電歪素子の一つであって応答性に優れたピエゾ素子 P E が配置されている。図 6 上段に図示するように、ピエゾ素子 P E は、ノズル N z までインクを導くインク通路 6 8 に接する位置に設置されている。ピエゾ素子 P E は、周知のように、電圧の印加により結晶構造が歪み、極めて高速に電気 - 機械エネルギーの変換を行う素子である。本実施例では、ピエゾ素子 P E の両端に設けられた電極間に所定時間幅の電圧を印加することにより、図 6 下段に示すように、ピエゾ素子 P E が電圧の印加時間だけ収縮し、インク通路 6 8 の一側壁を変形させる。この結果、インク通路 6 8 の容積はピエゾ素子 P E の収縮に

じて収縮し、この収縮分に相当するインクが、粒子 I p となって、ノズル N z の先端から高速に吐出される。このインク粒子 I p がプラテン 2 6 に装着された用紙 P に染み込むことにより、印刷が行われる。

【 0 0 3 6 】ピエゾ素子を用いたインク滴吐出の原理について、模式図を用いて説明したが、実際のピエゾ素子 P E を用いたインク吐出機構の詳細を図 7 に示した。図 7 は、記録用ヘッド 6 1 ないし 6 6 の機械的断面構造の一例を示す断面図である。図示するように、このヘッドは、大きくは、アクチュエータユニット 1 2 1 と流路ユニット 1 2 2 とから構成されている。アクチュエータユニット 1 2 1 は、ピエゾ素子 P E、第 1 の蓋部材 1 3 0、第 2 の蓋部材 1 3 6、スペーサ 1 3 5 等から構成されている。第 1 の蓋部材 1 3 0 は、厚さ 6  $\mu$ m 程度のジルコニアの薄板から構成され、その表面に一方の極となる共通電極 1 3 1 が形成され、その表面に後述する圧力発生室 1 3 2 に対向するようにピエゾ素子 P E が固定され、更にその表面に A u 等の比較的柔軟な金属の層となる駆動電極 1 3 4 が形成されている。

【 0 0 3 7 】ここで、ピエゾ素子 P E は、第 1 の蓋部材 1 3 0 とによりたわみ振動型のアクチュエータを形成している。ピエゾ素子 P E は、電荷が付加されると収縮して圧力発生室 1 3 2 の容積を縮める方向に変形し、付加された電荷が放電されると伸長して圧力発生室 1 3 2 の容積を元に拡げる方向に変形をする。

【 0 0 3 8 】第 1 の蓋部材 1 3 0 の下部に設けられたスペーサ 1 3 5 は、圧力発生室 1 3 2 を形成するのに適した厚さ、例えば 1 0 0  $\mu$ m のジルコニア ( Z r O 2 ) などのセラミック板に通孔を穿設して構成されており、後述する第 2 の蓋部材 1 3 6 と第 1 の蓋部材 1 3 0 により両面を封止されて前述の圧力発生室 1 3 2 を形成している。

【 0 0 3 9 】スペーサ 1 3 5 の他端に固定された第 2 の蓋部材 1 3 6 は、スペーサ 1 3 5 と同様、ジルコニア等のセラミックを材質として構成されている。この第 2 の蓋部材 1 3 6 には、圧力発生室 1 3 2 との間でインク流路を構成する二つの連通孔 1 3 8, 1 3 9 が穿設されている。連通孔 1 3 8 は、後述するインク供給口 1 3 7 と圧力発生室 1 3 2 とを接続するものであり、連通孔 1 3 9 は、ノズル開口 N z と圧力発生室 1 3 2 の他端とを接続するものである。

【 0 0 4 0 】これら各部材 1 3 0, 1 3 5, 1 3 6 は、粘土状のセラミックス材料を所定の形状に成形し、これを積層して焼成することにより接着剤を使用することなくアクチュエータユニット 1 2 1 として纏められている。

【 0 0 4 1 】次に流路ユニット 1 2 2 について説明する。流路ユニット 1 2 2 は、インク供給口形成基板 1 4 0、インク室形成基板 1 4 3、ノズルプレート 1 4 5 などから構成されている。インク供給口形成基板 1 4 0

は、アクチュエータユニット 121 の固定基板を兼ねるとともに、圧力発生室 132 側の一端側にインク供給口 137 が、圧力発生室 132 の多端側にはノズル開口 Nz が、それぞれ設けられている。インク供給口 137 は、各ノズル共通のインク室 141 と圧力発生室 132 とを接続する連通路であり、その断面積は連通路 138 などと比べて十分に小さくされ、オリフィスとして機能するように設計されている。

【0042】インク室形成基板 143 は、他方の面をノズルプレート 145 により封止されて、インク供給口形成基板 140 と共に、インク室 141 を形成する部材であり、ノズル開口 123 と接続するノズル連通路 144 が設けられている。インク室 141 は、図示しないインクタンクからインクが流入するよう、インクカートリッジ 71, 72 に連なる図示しないインク流路に接続されている。

【0043】これらインク供給口形成基板 140、インク室形成基板 143、及びノズルプレート 145 は、各々の間に熱溶着フィルムや接着剤等の接着層 146, 147 により固定されており、全体として流路ユニット 122 を構成している。

【0044】この流路ユニット 122 と前述のアクチュエータユニット 121 とは、熱溶着フィルムや接着剤等の接着層 148 により固定されており、記録用の各ヘッド 61 ないし 66 を構成している。

【0045】上記の構成により、圧電素子 PE の駆動電極 131, 134 間に電圧を印可して電荷を付加すると、圧電素子 PE は、収縮して圧力発生室 132 の容

$$f = 1 / (2\pi) \times \sqrt{\{(Mn + Ms) / (Mn \times Ms) / (Ci + Cv)\}}$$

… (1)

【0048】また、メニスカスのコンプライアンスを Cn とすると、インク流路の粘性抵抗を無視すれば、メニ

$$Tm = 2\pi \times \sqrt{\{(Mn + Ms) / Cn\}}$$

【0050】また、圧力発生室 132 の容積を V、インクの密度を  $\rho$ 、インク中での音速の c とすると、流体コ

$$Ci = V / \rho c^2$$

【0052】なお、圧力発生室 132 の剛性コンプライアンス Cv は、圧力発生室 132 に単位圧力を印加したときの圧力発生室 132 の静的な変形率に一致するから、これを計測することにより、実際の値を求めること

【0053】圧電素子 PE の収縮や伸長によりメニスカスに励起される固有振動の周期 Tc はヘルムホルツ共振周波数 f の逆数で得られる周期と同一である。実施例に即した計算の一例を挙げると、流体コンプライアンス Ci が  $1 \times 10^{-10} \text{ m}^5 \text{ N}^{-1}$ 、剛性コンプライアンス Cv が  $1.5 \times 10^{-10} \text{ m}^5 \text{ N}^{-1}$ 、イナータンス Mn が  $2 \times 10^5 \text{ kg m}^{-1}$ 、イナータンス Ms が  $1 \times 10^5 \text{ kg m}^{-1}$  のときのヘルムホルツ共振周波数 f は 125 kHz であり、その周期 Tc は 8  $\mu$ s となる。

積は縮小し、逆に電荷を放電すると、圧電素子 PE は、伸張して圧力発生室 132 の容積は増大する。圧力発生室 132 が膨張すると、圧力発生室 132 内の圧力は低下して共通のインク室 141 から圧力発生室 132 内にインクが流入する。圧電素子 PE に電荷を付加すると、圧力発生室 132 の容積は縮小し、圧力発生室 132 内の圧力が短時間に上昇して圧力発生室 132 内のインクがノズル開口 Nz を介して外部に吐出される。このとき、インク滴 IP が外部に吐出される。

【0046】ところで、このように構成されたインクジェット記録用の印字ヘッド 28 では、ノズル Nz に至る流路に存在するインクは、圧力発生室 132 の圧力の変化に伴って、流体として振動現象を起こす。この振動には、少なくとも 2 種類の固有振動が存在する。ひとつは、インク滴を吐出した後、インク界面であるメニスカスが揺れ戻す比較的長い周期の振動である。これを固有振動 (周期 Tm) と呼ぶ。もう一つは、圧力発生室 132 の存在により流体に生じるヘルムホルツ共振と呼ばれる振動であり、固有振動と比べると比較的周期の短い振動 (周期 Tc) である。この圧力発生室 132 のヘルムホルツ共振周波数 f は、圧力発生室 132 のインクの圧縮性に起因する流体コンプライアンスを Ci、また圧力発生室 132 を形成している第 1 の蓋部材 130 や圧電素子 PE 等の材料自体による剛性コンプライアンスを Cv、ノズル開口 123 のイナータンスを Mn、インク供給口 137 のイナータンスを Ms とすると、次式

(1) で示される。

【0047】

スカスの固有振動周期 Tm は次式 (2) で示される。

【0049】

… (2)

ンプライアンス Ci は次式 (3) で示される。

【0051】

… (3)

【0054】D. 大小ドットの形成の概略：本実施例のプリンタ 22 に備えられた各色 48 個のノズル Nz は、その内径を等しく形成されている。かかるノズル Nz を用いて径の異なる 2 種類のドットを形成することができる。この原理について説明する。図 9 は、インクが吐出される際のノズル Nz の駆動波形と吐出されるインク IP との関係を模式的に示した説明図である。図 9 において破線で示した駆動波形が通常のドットを吐出する際の波形である。区間 d2 において一旦、マイナスの電圧を圧電素子 PE に印加すると、圧力発生室 132 の容積を増大する方向に圧電素子 PE が変形するため、図 9 の状態 A に示した通り、メニスカス Me は、ノズル Nz の内側にへこんだ状態となる。一方、図 9 の実線で示す駆動波形を用い、区間 d2 に示すようにマイナス電圧を



急激に印加すると、状態 a で示す通りメニスカスは状態 A に比べて大きく内側にへこんだ状態となる。

【0055】ピエゾ素子 P E に印可するマイナスの電圧のパルス波形によりメニスカスの形状が異なるのは、次の理由による。ピエゾ素子は、印可された電圧のパルス形状に応じて変形し、圧力発生室 132 の容積を増減する。圧力発生室 132 の容積が増大する場合、その変化が極めてゆっくりとしたものであれば、圧力発生室 132 の容積の増大に伴い、インクは共通のインク室 141 から供給され、メニスカスはほとんど変化しない。一方、ピエゾ素子 P E の伸縮が短時間に行なわれ、圧力発生室 132 の容積の変化が急激に生じると、インク室 141 からインクの供給は、インク供給口 137 により制限されていることから間に合わず、メニスカスは圧力発生室 132 の容積の変化により影響を受けることになる。ピエゾ素子 P E に印可する電圧の変化が緩やかな場合（図 9 破線参照）には、メニスカスの後退は小さく、印可電圧の変化が急激な場合（図 9 実線参照）には、メニスカスの後退が大きくなるのは、かかるインク供給のバランスによっている。

【0056】メニスカスが後退した状態から、次に、ピエゾ素子 P E への印加電圧を正にすると（区間 d 3）、先に図 6 を用いて説明した原理に基づいてインクが吐出される。このとき、メニスカスがあまり内側にへこんでいない状態（状態 A）からは状態 B および状態 C に示すごとく大きなインク滴が吐出され、メニスカスが大きく内側にへこんだ状態（状態 a）からは状態 b および状態 c に示すごとく小さなインク滴が吐出される。

【0057】以上に示した通り、駆動電圧を負にする際（区間 d 1、d 2）の変化率に応じて、ドット径を変化させることができる。しかし、複数のノズル N z を備えたプリンタでは、ドット毎に駆動信号の波形を異ならせる制御を行なうことは、極めて困難である。そこで、本実施例では、異なる波形の二つのパルス信号を含んだ駆動信号を用意し、この信号に応じて印字データを用意することで、大小ドットを形成している。この手法について次に説明する。

【0058】E. ピエゾ素子駆動回路と駆動信号：本実施例では、駆動波形とドット径との間のこのような関係に基づいて、ドット径の小さい小ドットを形成するための駆動波形と、ドット径の大きな大ドットを形成するための駆動波形の 2 種類を用意している（図 11 参照）。駆動信号の違いによる大小のインク滴の形成の様子については、駆動信号の生成の詳細と共に後述する。

【0059】まず、図 11 に示した波形の駆動信号を生成する構成について説明する。図 11 に示した駆動信号は、ピエゾ素子駆動回路 50 により生成される。図 12 は、このピエゾ素子駆動回路 50 の内部構成を示すブロック図である。図示するように、このピエゾ素子駆動回路 50 の内部には、制御回路 40 からの信号を受け取

て記憶するメモリ 51、このメモリ 51 の内容を読み出して一時的に保持するラッチ 52、このラッチ 52 の出力と後述するもう一つのラッチ 54 の出力とを加算する加算器 53、ラッチ 54 の出力をアナログデータに変換する D/A 変換器 56、変換されたアナログ信号をピエゾ素子 P E 駆動用の電圧振幅まで増幅する電圧増幅部 57、増幅された電圧信号に対応した電流供給を行なうための電流増幅部 58 とから構成されている。ここで、メモリ 51 は、駆動信号の波形を決める所定のパラメータを記憶しておくものである。後述するように、駆動信号の波形は、予め制御回路 40 から受け取った所定のパラメータにより決定される。ピエゾ素子駆動回路 50 は、図 12 に示したように、制御回路 40 から、クロック信号 1、2、3、データ信号、アドレス信号 0 ないし 3 およびリセット信号を受け取る。

【0060】図 13 は、上述したピエゾ素子駆動回路 50 の構成により、駆動信号の波形が決定される様子を示す説明図である。まず、駆動信号の生成に先立って、制御回路 40 から、駆動信号のスルーレートを示すいくつかのデータ信号とそのデータ信号のアドレス信号とが、クロック信号 1 に同期して、ピエゾ素子駆動回路 50 のメモリ 51 に出力される。データ信号は 1 ビットしか存在しないが、図 14 に示すように、クロック信号 1 を同期信号とするシリアル転送により、データをやり取りする構成となっている。即ち、制御回路 40 から所定のスルーレートを転送する場合には、まずクロック信号 1 に同期して複数ビットのデータ信号を出力し、その後、このデータを格納するアドレスをクロック信号 2 に同期してアドレス信号 0 ないし 3 として出力する。メモリ 51 は、このクロック信号 2 が出力されたタイミングでアドレス信号を読み取り、受け取ったデータをそのアドレスに書き込む。アドレス信号は 0 ないし 3 の 4 ビットの信号なので、最大 16 種類のスルーレートをメモリ 51 に記憶することができる。なお、データの最上位のビットは、符号として用いられている。

【0061】各アドレス A、B、・・・へのスルーレートの設定が完了した後、アドレス B がアドレス信号 0 ないし 3 に出力されると、最初のクロック信号 2 により、このアドレス B に対応したスルーレートが第 1 のラッチ 52 により保持される。この状態で、次にクロック信号 3 が出力されると、第 2 のラッチ 54 の出力に第 1 のラッチ 52 の出力が加算された値が、第 2 のラッチ 54 に保持される。即ち、図 13 に示したように、一旦アドレス信号に対応したスルーレートが選択されると、その後、クロック信号 3 を受ける度に、第 2 のラッチ 54 の出力は、そのスルーレートに従って増減する。アドレス B に格納されたスルーレートは、単位時間  $\Delta T$  当たり電圧  $\Delta V$  だけ電圧を上昇することに対応した値となっている。なお、増加か減少かは、各アドレスに格納されたデータの符号により決定される。



【0062】図13に示した例では、アドレスAには、スルーレートとして値0、即ち電圧を維持する場合の値が格納されている。したがって、クロック信号2によりアドレスAが有効となると、駆動信号の波形は、増減のない状態、即ちフラットな状態に保たれる。また、アドレスCには、単位時間 $\Delta T$ 当たり電圧を $\Delta V_2$ だけ低下することに対応したスルーレートが格納されている。したがって、クロック信号2によりアドレスCが有効となった後は、この電圧 $\Delta V_2$ ずつ電圧は低下し行くことになる。

【0063】上述した手法により制御回路40からアドレス信号とクロック信号2とを出力するだけで、駆動信号の波形を自由に制御することができる。実施例おける駆動信号を構成する各パルスについて図11を用いて説明する。まず、駆動信号は、一つの記録画素に対応した記録周期において、大きく分けて第1パルスと第2パルスとから構成されている。第1パルスは、その電圧値が中間電位 $V_m$ からスタートし（T11）、最大電位 $V_P$ まで一定の勾配で上昇し（T12）、最大電位 $V_P$ を所定時間だけ維持する（T13）。次に、第1パルスは第1の最低電位 $V_{LS}$ まで一定の勾配で下降し（T14）、最低電位 $V_{LS}$ を所定時間だけ維持する（T15）。第1パルスの電圧値は、その後、最大電位 $V_P$ まで一定の勾配で再び上昇し（T16）、最大電位 $V_P$ を所定時間だけ維持する（T17）。その後、第1パルスは中間電位 $V_m$ まで一定の勾配で下降する（T18）。

【0064】ここで、充電パルスT12がピエゾ素子Pに印加されると、ピエゾ素子Pは圧力発生室132の容積を収縮させる方向にたわみ、圧力発生室132内に正圧を発生させる。その結果、メニスカスはノズル開口123から盛り上がる。充電パルスT12の電位差が大きく、電圧勾配が急峻な場合には、充電パルスT12にてインク滴を吐出させることも可能であるが、本実施例においては充電パルスT12にてインク滴が吐出されない範囲に充電パルスT12の電位差を設定している。本実施例においては更に、充電パルスT12の充電時間は、メニスカスがヘルムホルツ周期 $T_c$ の振動を励起しないように $T_c$ 以上の期間（この実施例では $T_c$ と実質的に同一の期間）に設定されている。

【0065】充電パルスT12で盛り上がったメニスカスは、ホールドパルスT13が印加されている間、インクの表面張力により周期 $T_m$ の振動でノズル開口123内へと戻る動きに転ずる。放電パルスT14を印加するとピエゾ素子Pは圧力発生室132を膨張させる方向にたわみ、圧力発生室132内に負圧が生じる。この負圧によるノズル開口123内部へのメニスカスの動きは、上記の周期 $T_m$ の振動に重畳されて、メニスカスはノズル開口123の内部に大きく引き込まれる。このように、メニスカスがノズル開口123の内部に向かうタイミングで放電パルスT14を印加することで、比較的

小さな放電パルスT14の電位差でもメニスカスをノズル開口123の内部に大きく引き込むことができる。本実施例では、ホールドパルスT13の継続時間を $T_m$ の約 $1/2$ とすることで、上記のようなメニスカスの引き込みを保証している。

【0066】メニスカスが引き込まれた状態から充電パルスT16が印加されると圧力発生室132に正圧が発生してメニスカスがノズル開口123から盛り上がる。このとき、メニスカスはノズル開口123の内部に大きく引き込まれているので、正圧方向の圧力が加わっても、吐出されるインク滴は微小なインク滴にとどまることになる。放電パルスT18は、放電パルスT14及び充電パルスT16で励起されたメニスカスの固有振動を抑えるための放電パルスであり、周期 $T_c$ の固有振動がノズル開口123の出口に向かうタイミングでメニスカスをノズル開口123の内部へと向わせる放電パルスT18を印加する。この結果、微少なインク滴の吐出が終了した後のメニスカスの後退は、比較的小さなものに抑制される。

【0067】次に、第2パルスについて説明する。第2パルスは、第1パルスに引き続いて中間電位 $V_m$ からスタートする（T19）。第2の最低電位 $V_{LL}$ まで一定の勾配で下降し（T21）、最低電位 $V_{LL}$ を所定時間だけ維持する（T22）。この第2パルスの最低電位 $V_{LL}$ は第1パルスの最低電位 $V_{LS}$ よりも低い。そして、第2パルスの電圧値は最大電位 $V_P$ まで一定の勾配で上昇し（T23）、最大電位 $V_P$ を所定時間だけ維持する（T24）。その後、第2パルスは中間電位 $V_m$ まで一定の勾配で下降する（T25）。

【0068】放電パルスT21を印加すると、前述のように圧力発生室132内に負圧が生じてメニスカスはノズル開口123の内部に引き込まれる。但し、放電パルスT21の電位差を、第1パルスの放電パルスT14の電位差よりも小さく設定することで、第1パルスに比べてメニスカスがノズル開口123の内部に大きく引き込まれることがないようにスルーレートを設定している。

【0069】充電パルスT23が印加されると圧力発生室132に正圧が発生してメニスカスがノズル開口123から盛り上がる。このとき、メニスカスがノズル開口123の内部にそれほど引き込まれない状態で、正圧方向の圧力変化が発生するため、吐出されるインク滴は第1パルスに比べて大きなインク滴となる。なお、第2パルスの最後の放電パルスT25は、放電パルスT21及び充電パルスT23で励起されたメニスカスの固有振動を抑えるための放電パルスであり、周期 $T_c$ の固有振動によりメニスカスがノズル開口123の出口方向に向かうタイミングで印加される。

【0070】第1パルスと第2パルスとを連続して選択した場合には、結局、二つのインク滴がノズルNzから徒手つれることになるが、二つのインク滴は、用紙上の

ほぼ同じ位置に着弾する。この様子を示したのが、図 15 である。図示するように、第 1 のパルスに対応した小さなインク滴 I P s と、第 2 のパルスに対応した大きなインク滴 I P m とが、用紙上のほぼ同一位置に着弾することにより、最も大きなドットが形成される。図 11 に示した駆動信号を用いて 2 種類のドットを形成する場合、第 2 パルスの方がピエゾ素子 P E の変化量が大きいため、インク滴 I P が勢いよく吐出されることになり、大きなインク滴 I P m の飛翔速度は、小さなインク滴 I P s と比べて大きい。このようにインク滴の飛翔速度に差が存在することから、キャリッジ 31 を主走査方向に移動しながら、最初に小さなインク滴を吐出し、次に大きなインク滴を吐出した場合、キャリッジ 31 の走査速度と両インク滴の吐出タイミングとを、キャリッジ 31 と用紙 P との間の距離に応じて調整すれば、両インク滴をほぼ同じタイミングで用紙 P に到達させることができる。本実施例では、このようにして図 11 の 2 種類の駆動パルスから、最もドット径が大きな大ドットを形成しているのである。

【0071】F. メニスカスの振動と第 2 パルスのタイミング：以上説明したように、本実施例では、第 1 パルスに対応したインク滴の吐出と第 2 パルスに対応したインク滴の吐出とを、単独あるいは連続して行なうことができるが、第 1 パルスと第 2 パルスとにより連続してインク滴を形成した場合のインク重量の総和が、それぞれのインク滴を単独で形成した場合の総和より有意に大きくなるよう、メニスカスの振動を考慮して、第 1、第 2 パルスの形成タイミングを調整している。この点を以下説明する。図 16 は、本実施例におけるパルス選択と 1 記録周期あたりのインク滴重量との関係を示す説明図である。図示するように、第 1 パルスと第 2 パルスを連続的に選択した場合には、第 1 パルスと第 2 パルスをそれぞれ単独に選択した場合のインク滴重量の総和に比べて、インク重量は、合計で 5 ng 増加したことが判る。このインク重量の増加は、小さなインク滴を吐出した後に、メニスカスの動きを考慮した所定のタイミングで第 2 のインク滴を形成していることにより得られている。結果的に、小ドットのインク重量（実施例では 5 ng）に対する大ドットのインク重量（実施例では 20 ng）の比率は広がり、実質的に記録ドット径の可変範囲を更に広くできたことになっている。具体的には、本実施例では、「第 1 のインク滴吐出のタイミング」である第 1 パルスの充電パルス T 16 の終点と、「圧力発生室を膨張させる第 1 信号の開始タイミング」である第 2 パルスの充電パルス T 21 の始点との時間が、後述する「（第 1 のインク滴吐出からのメニスカス戻り時間）+（メニスカス固有振動周期 T m の 1/8）」となるようにホールドパルス T 19 の時間を設定している。

【0072】図 17、図 18 は、第 1 実施例におけるメニスカスの動きを示す説明図である。縦軸がメニスカス

変位量、横軸が時間を示している。図中の符号 707 はノズル開口 123 の開口面を示し、ノズル開口面 707 の下方がノズル開口 123 の内部に相当している。また図中の曲線 708 がメニスカスの変位を示している。したがって、図中の曲線 708 の接線の傾き（微分値）は、メニスカスの速度を示している。また、インク滴が吐出された場合には、そのタイミングに対応した曲線 708 が横軸との間であって横軸より上方に形成する一つの閉領域の面積（図示ハッチング部）が、インク滴の重量にほぼ比例することになる。

【0073】図 17 は、第 1 パルスを単独に印加したときのメニスカス変位である。メニスカス振動のピーク 704 に対応してインク滴が吐出される。即ち、この時点で、インク滴はメニスカスから分離して微小インク滴となって吐出する。その後、メニスカスはノズル開口面 707 より引き込まれた状態となる。一旦、引き込まれたメニスカスはメニスカスの表面張力によりノズル開口面 707 に向かって戻り始め、時刻 701 の時点でノズル開口面 707 に達する。ここで第 1 のインク滴吐出のタイミングから時刻 701 までの経過時間が「第 1 のインク滴吐出からのメニスカス戻り時間」T R である。更にメニスカスはノズル開口面 707 を超え、やがて戻り始める。つまり、メニスカスは減衰振動を起こすことになる。再びメニスカスがノズル開口面 707 に至る時刻を 709 とすると、時刻 701 から時刻 709 までの経過時間がメニスカスの固有振動周期 T m の約 1/2 である。時刻 703 は、第 1 のインク滴吐出後メニスカス変位が最大となるポイントであり、時刻 701 から時刻 703 の経過時間はメニスカスの固有振動周期 T m の約 1/4 に等しい。時刻 702 は、ノズル開口 123 外部へ向かうメニスカスの速度が最大となる時刻 701 と前記時刻 703 のほぼ中間の時刻であり、時刻 701 から時刻 702 の経過時間はメニスカスの固有振動周期 T m の約 1/8 に等しい。時刻 710 は、時刻 703 と前記時刻 709 のほぼ中間の時刻であり、時刻 701 から時刻 710 の経過時間はメニスカスの固有振動周期 T m の約 3/8 に等しい。

【0074】次に第 1 パルスに引き続いて第 2 パルスを印加したときのインク滴量の増加現象を図 18 を参照しつつ説明する。本実施例では、図 18 に示したように、時刻 702 のポイントで「圧力発生室を膨張させる第 1 信号の開始タイミング」である放電パルス T 21 の印加が開始するように、駆動信号を設定している。この時刻 702 におけるメニスカスの状態は、メニスカス変位速度およびメニスカス変位がいずれもノズル開口 123 外向きとなっているため、第 2 パルスの放電パルス T 21 によりメニスカスをノズル開口 123 内部に引き込もうとする作用は相殺され、メニスカスの変位 708 の引き込み量は低減される。この結果、充電パルス T 23 の印加により、メニスカス振動のピーク 705 が高くなり、

メニスカスから分離するインク滴の大きさは、大きくなる。なお、図 18 において図中符号 706 は、「第 1 のインク滴吐出のタイミング」である充電パルス T16 の終点と、「圧力発生室を膨張させる第 1 信号の開始タイミング」である放電パルス T21 の始点との時間差を示している。

【0075】図 19 に、「第 2 パルスの第 1 信号の開始タイミング」の位相と第 1 パルスと第 2 パルスによって吐出されるインク滴重量の総和と関係を示す。縦軸は第 1 パルスと第 2 パルスにより吐出されるインク滴重量の合計値、横軸が時間を示している。インク滴重量曲線 G1 は、第 2 パルスの第 1 信号の開始タイミングを時刻 701 から 710 まで可変して、インク量の合計値を計測したものである。インク滴重量の総和は、第 2 パルスの第 1 信号の開始タイミングを時刻 702 付近としたとき最大値 20 ng となり、第 2 パルスの第 1 信号の開始タイミングが伸びるにしたがって、第 1 パルスと第 2 パルスを各々単独に吐出したときのインク滴重量 (5 + 10 =) 15 ng に漸近していく。逆に、第 2 パルスの第 1 信号の開始タイミングを短くした場合も、インク滴重量の総和は低減する。これは、メニスカスがノズル開口 123 内部に引き込まれた状態で、更に第 2 の駆動パルスの放電パルス T21 によりメニスカスをノズル開口 123 内部に引き込もうとするためと考えられる。図 18 から、第 1 のインク滴吐出のタイミングと、第 2 の駆動パルスの第 1 の電圧下降波形の開始タイミングとの時間差を、前記第 1 のインク滴吐出からのメニスカス戻り時間 TR より長く、(第 1 のインク滴吐出からのメニスカス戻り時間 TR) + (メニスカス固有振動周期 Tm の 3/8) より短くすることが望ましいことが分かる。即ち、第 2 パルスの第 1 信号の開始タイミングを時刻 701 から時刻 710 の時間とすれば、二つのパルスによりそれぞれインク滴を吐出した場合より、インク滴重量を増加することができる。

【0076】G. 駆動回路 50 の変形例：以上説明した第 1 実施例では、ピエゾ素子 PE に付加する駆動信号は、制御回路 40 側からの指令に基づいて D/A 変換器 56 を用いて生成したが、駆動信号を生成する駆動回路は、図 20 に示す回路 50A により実現することも可能である。かかる駆動回路 50A の構成の一例を、図 20 に基づいて説明する。この駆動回路 50A は、ヘッド 28 の各ノズルに対応してシフトレジスタ 253A~253N、ラッチ素子 254A~254N、レベルシフタ 255A~255N、スイッチ素子 256A~256N、ピエゾ素子 257A~257N から構成されている。印字データは、(10)、(11) 等の如く、各ノズル毎に、2 ビットデータで構成されている。そして、全てのノズルについての各桁のビットデータが一記録周期内にシフトレジスタ 253A~253N に入力される。

【0077】即ち、全ノズル分の上位ビットであるビツ

ト 2 のデータがシフトレジスタ 253A~253N にシリアル転送された後、この全ノズル分のビット 2 のデータはラッチ素子 254A~254N によってラッチされる。このラッチにより、次に、全ノズル分の下位ビットであるビット 1 のデータがシフトレジスタ 253A~253N にシリアル転送される。

【0078】そして、例えばアナログスイッチとして構成される各スイッチ素子 256A~256N に加わるビットデータが「1」の場合は、駆動信号 (COM) がピエゾ素子 257A~257N に直接印加され、各ピエゾ素子 257A~257N は駆動信号の信号波形に応じて変位する。逆に、各スイッチ素子 256A~256N に加わるビットデータが「0」の場合は、各ピエゾ素子 257A~257N への駆動信号は遮断され、各ピエゾ素子 257A~257N は直前の電荷を保持する。

【0079】この回路 50A でも、駆動信号 (COM) は第 1 実施例と同様、図 1 に示した波形となっており、第 1 パルスおよび第 2 パルスにより、小さなインク滴と大きなインク滴とが形成される。

【0080】第 1 パルスは、例えば約 5 ng の小さいインク滴を吐出させるためのものである。小ドットを記録する場合、この第 1 パルスが単独に選択され、小さいドット径が得られる。第 2 パルスは、図 1 に示した例では、常に前記第 1 パルスに引き続いて選択され、単独に第 2 パルスのみ選択されることはない。大ドットを記録する場合、第 1、第 2 パルスが連続して選択されることで、例えば約 (5 + 15 =) 20 ng の大きなインク滴が吐出され、大きなドット径が得られることは、第 1 実施例で説明した通りである。

【0081】階調表現に関しては、ドットを形成しない無ドットの場合 (階調値 1)、小ドットのみ形成する場合 (階調値 2)、大ドットを形成する場合 (階調値 3) の 3 パターンで記録紙上に記録ドットを形成すれば、3 階調のドット階調を行うことができる。なお、各階調値を (00)、(01)、(10) のように 2 ビットデータで表わすことができる。

【0082】小さいインク滴のみを吐出する小ドットの階調値 2 の場合は、スイッチ素子 256 に対して、第 1 パルス発生時は同期させて「1」を印加し、第 2 パルス発生時は「0」を印加すれば、第 1 パルスのみをピエゾ素子 257 に供給することができる。つまり、階調 2 を示す 2 ビットのデータ (01) を 2 ビットデータ (10) に翻訳 (デコード) することにより、第 1 パルスのみをピエゾ素子 257 に印加することができ、小ドットの階調値 2 を実現することができる。

【0083】同様に、デコードされた 2 ビットデータ (11) をスイッチ素子 256 に与えれば、第 1 パルス及び第 2 パルスがピエゾ素子 257 に印加され、これにより記録紙上に小大 2 発のインク滴が続けて着弾し、各インク滴が混じり合って実質的に大ドットが形成され、

階調値 3 を実現できる。また同様に、インク滴を吐出し  
ない無ドットの階調値 1 の場合は、2 ビットデータ (0  
0) をスイッチ素子 256 に与えれば、ピエゾ素子 25  
7 にはパルスが印加されないで、無ドットの階調値 1 が  
実現できることになる。

【0084】各 2 ビットの印字データをスイッチ素子 2  
56 等に与える具体的構成について、補足する。まず、  
出力バッファ 44C には、制御回路 46 によりデコード  
された 2 ビットの印字データ (D1, D2) が記憶され  
ている。ここで、D1 は第 1 パルスの選択信号、D2 は  
第 1 パルスの選択信号である。この 2 ビットの印字デ  
ータは、一記録周期内に記録ヘッド 28 の各ノズルに対  
10 応したスイッチ素子 256 に与えられる。具体的には、記  
録ヘッド 28 のノズル数を  $n$  個とし、副走査方向のある  
位置における 1 番目のノズルの印字データを (D11,  
D21)、2 番目のノズルの印字データを (D12, D  
22) のように表わした場合、シフトレジスタ 253 に  
は、全ノズルについての第 1 パルス選択信号 D1 のデ  
ータ (D11, D12, D13, . . . D1n) がクロッ  
ク信号に同期してシリアル入力される。同様に、全  
20 ノズルについての第 2 パルス選択信号 D2 のデータ (D  
21, D22, D23, . . . D2n) が、一記録周期  
内でシフトレジスタ 253 に転送される。この様子を、  
図 11 の最下段に示しておいた。

【0085】図 11 に示したように、目的とする駆動パ  
ルスを発生させるタイミングの前に、当該駆動パルス  
を選択する印字データをシフトレジスタ 253 に転送して  
おく。そして、目的とするパルスの発生に同期させて、  
シフトレジスタ 253 にセットされた印字データをラッ  
チ素子 254 に転送して記憶させる。ラッチ素子 254  
30 の印字データは、レベルシフト 255 により昇圧され  
た後、スイッチ素子 256 を介して、ピエゾ素子 257 に  
駆動信号として付加される。

【0086】H. 第 2 実施例：次に本発明の第 2 実施例  
について、説明する。第 2 実施例の印刷装置は、その全  
体構成は、第 1 実施例と同様である。第 2 実施例が第 1  
実施例と異なる点は、インクジェット記録用の印字ヘッ  
ド 28 の環境温度に応じて、第 1 パルスのインク滴吐出  
のタイミングと、第 2 パルスの第 1 信号の開始タイミ  
ングとの時間差を変変とする点である。

【0087】図 21 は、第 2 実施例におけるプリンタ 2  
2 の内部構成を示すブロック図である。この実施例のプ  
リント 22 は、制御回路 40 およびピエゾ素子駆動回路  
50 の他に、タイミング記憶手段 192、タイミング制  
御手段 191、温度センサ 194 および AD 変換器 19  
3 を備える。温度センサ 194 は、印字ヘッド 28 の周  
囲の温度を検出するセンサである。この温度センサ 19  
4 は、インクの吐出のされ易さを反映したパラメータと  
して環境温度を検出していることになる。この温度セン  
サ 194 で測定された温度データは、AD 変換器 193  
50

を介してタイミング制御手段 191 に取り込まれる。タ  
イミング制御手段 191 では温度センサ 194 から入力  
された温度データに基づいて、タイミング記憶手段 19  
2 に予め記憶されている「第 2 パルスの第 1 信号の開始  
タイミング」条件を読み出し、これを制御回路 40 の駆  
動信号設定回路 47 に出力する。駆動信号設定回路 47  
は、この条件を取り込んで、第 2 パルスの第 1 信号の開  
始タイミング条件を決定し、その情報を  $1/F49$  を介  
してピエゾ素子駆動回路 50 に出力する信号のタイミ  
ングを調整する。したがって、環境温度により、第 2 パ  
ルスの駆動信号のタイミングを調整することが可能とな  
っている。なお、単に温度センサ 194 のみを設け、タイ  
ミングなどの決定をすべて制御回路 40 側で行なうよう  
構成することも可能である。

【0088】図 22 は、あるインクを採用したプリンタ  
において、環境温度が 15℃、25℃、40℃と変化し  
た場合のメニスカスの動きを例示する図であり、縦軸は  
メニスカスの変位、横軸は時間を示す。図中符号 901  
は、15℃におけるメニスカスの変位であり、符号 90  
2、903 は各々 25℃、40℃におけるメニスカスの  
変位を示している。

【0089】この例のインクは、その粘度が温度により  
変化するタイプのインクであり、温度が高くなるほど、  
粘性が低下する性状を有している。15℃におけるメニ  
スカスの変位 901 は、25℃におけるメニスカスの変  
位 902 に比べて、インク粘度の温度依存性により流路  
抵抗が増大するため、メニスカス振動の減衰が大きくな  
り、前述のインク滴吐出直後のメニスカスのヘルムホル  
ツ共振による振幅、およびメニスカスの固有振動による  
振幅は、共に小さい。更に固有振動の振動周期  $T_m$  は流  
路抵抗の増大により長くなる。逆に、40℃におけるメ  
ニスカスの変位 901 は、流路抵抗が減少するため、メ  
ニスカス振動の減衰が小さくなり、メニスカスのヘルム  
ホルツ共振による振幅、およびメニスカスの固有振動に  
よる振幅は共に大きくなる。更に前記固有振動の周期  $T$   
40  $m$  は流路抵抗の減少により短くなる。

【0090】このように、プリンタに用いるインクが、  
温度により粘性が大きく変わるタイプのインクである場  
合には、粘性の温度依存性によってメニスカス振動状態  
が大きく変化するため、第 1 パルスのインク滴吐出のタ  
イミングと、第 2 パルスの第 1 信号の開始タイミングと  
の時間差を環境によらず一定とすると、インク滴の重量  
が温度により大きく相違する可能性がある。第 2 パルス  
の第 1 信号の開始タイミングにおけるメニスカス位置お  
よびメニスカス速度が変化するからである。

【0091】そこで、こうしたインクを用いた場合に  
は、図 22 に示したように、第 2 パルスの第 1 信号の開  
始タイミングを、15℃においては時刻 904 に、25  
℃においては時刻 905 に、40℃においては時刻 90  
6 に、というように、環境温度によって可変とする。こ

の結果、メニスカス位置およびメニスカス速度の環境依存性がある程度相殺することができ、環境温度による第2パルスのインク滴重量の変化を簡単な構成で抑えることが可能となる。なお、インクの吐出のしやすさに関連したパラメータが他にあれば、同様に検出し、第2パルスの第1信号の開始タイミングに反映すれば良い。こうしたパラメータとしては、例えばインクの濃度や大気圧、 piezo素子の特性の経年変化など様々なものを考えることができる。こうしたパラメータを直接検出することが望ましいが、直接検出することが困難な場合には、推定したり使用者が設定するものとすることも差し支えない。例えば、インク濃度を交換直後のインクカートリッジ全体の重量から推定したり、特性の経年変化を使用開始からの経過時間により推定することも可能である。また、大気圧などの情報は、プリンタ内にセンサを設けても良いが、例えばコンピュータ 9 0 が、電話回線を介して所定の計測期間からデータを受け取り、これをプリンタ 2 2 に転送するものとしてもよい。

【 0 0 9 2 】 I. 第3実施例：次に本発明の第3実施例について説明する。第3実施例の印刷装置およびプリンタとそのヘッド駆動装置は、前記第2実施例の構成に準じている。第3実施例が第2実施例と異なる点は、第1パルスのインク滴吐出のタイミングと、第2パルスの第1信号の開始タイミングとの時間差を高温環境になるにしたがって長い側に可変とする点である。

【 0 0 9 3 】 図 2 3 は、図 2 2 同様に、あるインクを用いたプリンタにおいて、環境温度が 1 5 ° C、2 5 ° C、4 0 ° C と変化した場合のメニスカスの動きを示す図であり、縦軸はメニスカスの変位、横軸は時間を示す。

【 0 0 9 4 】 図 2 3 に示したように、この実施例では、第2パルスの第1信号の開始タイミングを、1 5 ° C においては時刻 9 1 4 に、2 5 ° C においては時刻 9 1 5 に、4 0 ° C においては時刻 9 1 6 に、というように高温環境になるにしたがって長い側に可変としている。この本実施例でも、第2実施例同様、メニスカス位置およびメニスカス速度の環境依存性がある程度相殺することができ、環境温度による第2パルスのインク滴重量の変化を簡単な構成で抑えることができる。更に本実施例では、高温環境になるにしたがって長い側に可変とすることで、第2パルスの開始タイミングにおいて、第1のインク滴吐出直後のメニスカスの  $T_c$  振動の影響を受けにくいいため、飛行曲がりの少ない、安定した飛翔状態が実現できるという長所を合わせもつ。

【 0 0 9 5 】 J. 第4実施例：次に、本発明の第4実施例について、説明する。第4実施例は、第1実施例と同様のハードウェア構成を有するが、第2のインク滴の吐出のタイミングをホルムヘルツ共振の周期  $T_c$  を考慮して定めている点に特徴を有する。図 2 2、2 3 に例示したように、第1パルスによる小さなインク滴の吐出を行った後のメニスカスの動きを詳細に観察すると、メニ

スカスの固有振動の周期  $T_m$  に従うメニスカスの大きな動きに加えて、この周期  $T_m$  よりかなり周期の短いホルムヘルツ共振による周期  $T_c$  の振動が見られる。したがって、第2のインク滴の吐出のタイミングをこのホルムヘルツ共振による周期  $T_c$  を考慮して定めることにより、第2パルスに応じて吐出されるインク滴の重量を可変することができる。

【 0 0 9 6 】 例えば、図 2 4 は、あるインクを用いた場合のメニスカスの動きを詳しく示したものであり、メニスカスの固有振動による周期  $T_m$  に、ヘルムホルツ共振による周期  $T_c$  の振動が重畳されている様子が分かる。図 2 において、符号 9 2 1 は、第1パルスによるインク滴の吐出終了後の最初のヘルムホルツ共振による振動のピークを、符号 9 2 2 は2回目のピークを、符号 9 2 3 は、3回目のピークを、符号 9 2 4 は4回目のピークを、それぞれ示している。そこで、第2パルスによるインク滴の吐出のタイミングをこの周期  $T_c$  の整数倍（1倍、2倍、3倍、・・・）としておけば、第2パルスに応じて吐出されるインク滴の重量を増加することができる。また、第2パルスによるインク滴の吐出のタイミングをこの周期  $T_c$  の（整数 + 1 / 2）倍としておけば、第2パルスに応じて吐出されるインク滴の重量を減らすことができる。

【 0 0 9 7 】 この結果、メニスカスのヘルムホルツ共振の周期  $T_c$  を考慮することにより、インク滴の重量を細かく制御することが可能となる。この特徴を利用して、例えばインクの粘性が低下してインク滴が吐出されやすくなるにしたがって、第2のインク滴の吐出のタイミングを、周期  $T_c$  の整数倍から（整数 + 1 / 2）倍へと延ばし（あるいは縮め）、粘性の変化により吐出されやすくなる分を相殺して、粘性の変化によらずインク滴の重量を一定に保つと言った制御を行なうことも可能である。もとより、メニスカスの固有振動による周期  $T_m$  とヘルムホルツ共振による周期  $T_c$  の両者を考慮して、第2パルスの第1信号のタイミングおよび第2のインク滴の吐出のタイミングを決定することも好適である。この場合には、両者を最適に選択してインク重量を最大とした状態から、両者を最も悪い条件としてインク重量を最小にした状態まで、インク重量の可変範囲を最も広く取ることが可能となる。

【 0 0 9 8 】 以上本発明のいくつかの実施例について説明したが、本発明は、これらの実施例に何ら限定されるものではなく、本発明の要旨を変更しない範囲内において、種々の態様で実施可能である。例えば、上記の実施例において、piezo素子は、たわみ振動子型の P Z T を採用したが、縦振動横効果の P Z T であってもよい。但しこの場合、たわみ振動子型の P Z T に対して、充電と放電が入れ替わることになる。また、圧力発生素子としては、piezo素子に限らず、例えば磁歪素子等の他の素子を用いてもよい。

## 【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の実施例におけるピエゾ素子の駆動信号の一例を示すグラフである。

【図 2】本発明の印刷装置の概略構成図である。

【図 3】プリンタドライバの構成を示すブロック図である。

【図 4】プリンタ 2 2 の内部構成を駆動系を中心に示す説明図である。

【図 5】印字用ヘッドの導入管 6 7 まわりの概略構成を示す説明図である。

【図 6】ピエゾ素子の伸縮によりインク滴が吐出される原理を示す説明図である。

【図 7】ヘッドに設けられたインク吐出機構の機械的構造を示す断面図である。

【図 8】実施例における印字ヘッド 2 8 におけるノズルの並びを例示する説明図である。

【図 9】ピエゾ素子に加える駆動信号とインク滴の吐出との関係を例示する模式図である。

【図 10】本発明の第 1 実施例で用いたプリンタ 2 2 内部の電氣的な構成を例示するブロック図である。

【図 11】駆動信号の各波形について説明する説明図である。

【図 12】ピエゾ素子駆動回路 5 0 の内部構成を例示するブロック図である。

【図 13】駆動パルスの生成の過程を示す説明図である。

【図 14】データ信号を用いてメモリ 5 1 にスルーレートを設定する場合の各信号のタイミングを示すタイミングチャートである。

【図 15】吐出された大小二つのインク滴が用紙 P 上に着弾する状態を示す模式図である。

【図 16】パルス選択と 1 記録周期あたりのインク滴重量との関係を示す説明図である。

【図 17】単独パルスによりインクの吐出を行なう場合のメニスカスの変位の一実施例を示すグラフである。

【図 18】連続する二つのパルスによりインクの吐出を行なう場合のメニスカスの変位の一実施例を示すグラフである。

【図 19】第 2 パルスの第 1 信号の開始タイミングと二つのパルスにより吐出されるインク滴重量との関係を示すグラフである。

【図 20】第 1 実施例の変形例におけるピエゾ駆動回路の概略構成を示すブロック図である。

【図 21】本発明の第 2 実施例におけるプリンタの内部構成を示すブロック図である。

【図 22】第 2 実施例におけるメニスカスの変位を示すグラフである。

【図 23】本発明の第 3 実施例におけるメニスカスの変位を示すグラフである。

【図 24】本発明の第 4 実施例におけるメニスカスの変

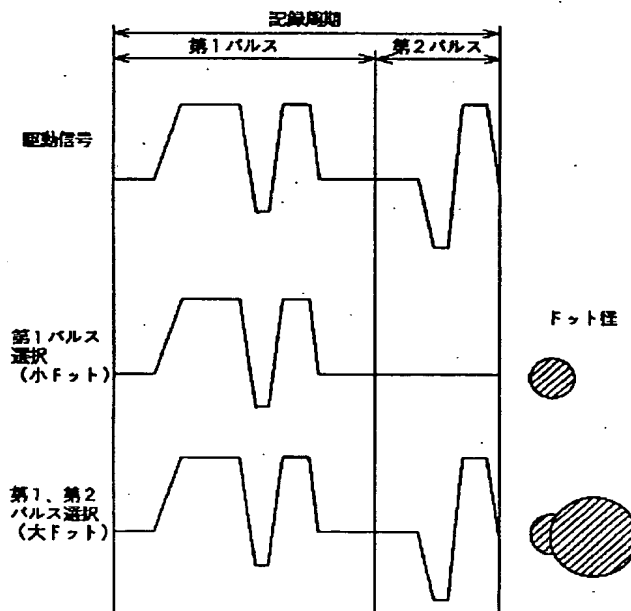
位を示すグラフである。

## 【符号の説明】

1 2 … スキャナ  
1 4 … キーボード  
1 5 … フレキシブルドライブ  
1 6 … ハードディスク  
1 8 … モデム  
2 1 … CRT ディスプレイ  
2 2 … プリンタ  
2 3 … 紙送りモータ  
2 4 … キャリッジモータ  
2 6 … プラテン  
2 8 … インク吐出用ヘッド  
3 1 … キャリッジ  
3 2 … 操作パネル  
3 4 … 摺動軸  
3 6 … 駆動ベルト  
3 8 … プーリ  
3 9 … 位置検出センサ  
4 0 … 制御回路  
4 3 … I / F  
4 4 … RAM  
4 4 A … 受信バッファ  
4 4 B … 中間バッファ  
4 4 C … 出力バッファ  
4 5 … ROM  
4 6 … 制御部  
4 7 … 発振回路  
4 8 … 駆動信号発生回路  
4 8 A … 駆動信号設定回路  
4 9 … I / F  
5 0 … ピエゾ素子駆動回路  
5 1 … メモリ  
5 2 … 第 1 のラッチ  
5 3 … シフトレジスタ  
5 3 … 加算器  
5 4 … 第 2 のラッチ  
5 5 … レベルシフタ  
5 6 … D / A 変換器  
5 7 … 部  
5 7 A ~ 5 7 N … ピエゾ素子  
5 8 … 電圧増幅部  
5 9 … 電流増幅部  
6 1 ~ 6 6 … インク吐出用ヘッド  
6 7 … 導入管  
6 8 … インク通路  
7 1, 7 2 … インクカートリッジ  
8 0 … バス  
8 1 … CPU  
8 2 … ROM

83…RAM  
 84…入力インターフェイス  
 85…出力インターフェイス  
 86…CRTC  
 88…SIO  
 90…コンピュータ  
 91…ビデオドライバ  
 95…アプリケーションプログラム  
 96…プリンタドライバ  
 97…解像度変換モジュール  
 98…色補正モジュール  
 99…ハーフトーンモジュール  
 100…ラスターライザ  
 121…アクチュエータユニット  
 122…流路ユニット  
 123…ノズル開口  
 130…第1の蓋部材  
 132…圧力発生室  
 134…駆動電極

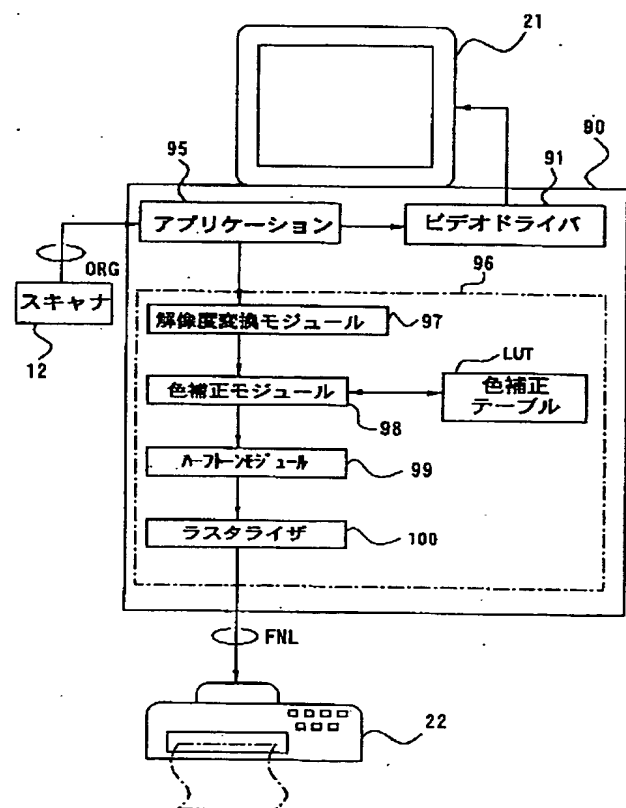
【図1】



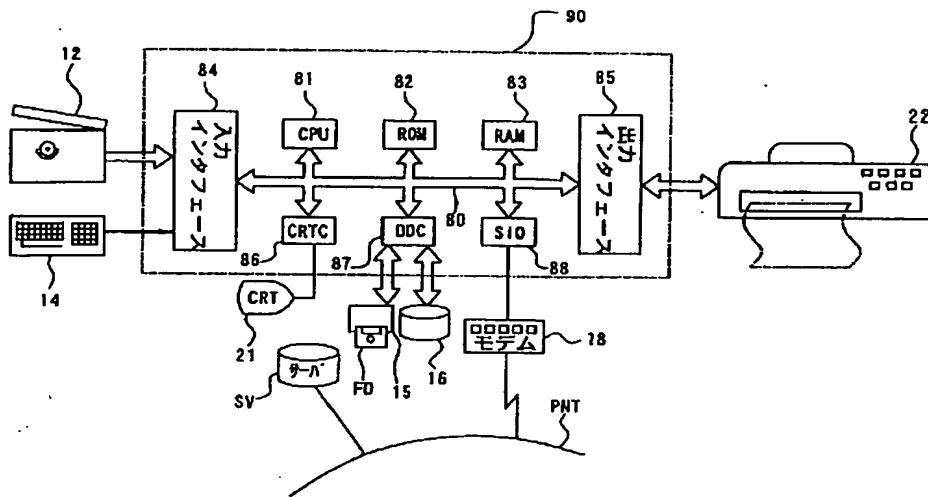
階調値	第1パルス	第2パルス	デコード値
1 (00)	x	x	(00)
2 (01)	○	x	(10)
3 (10)	○	○	(11)

135…スペーサ  
 136…第2の蓋部材  
 137…インク供給口  
 138, 139…連通孔  
 140…インク供給口形成基板  
 141…インク室  
 143…インク室形成基板  
 144…ノズル連通孔  
 145…ノズルプレート  
 10 146, 147, 148…接着層  
 191…タイミング制御手段  
 192…タイミング記憶手段  
 193…AD変換器  
 194…温度センサ  
 253A~253N…シフトレジスタ  
 254A~254N…ラッチ素子  
 255A~255N…レベルシフタ  
 256A~256N…スイッチ素子  
 257A~257N…ピエゾ素子

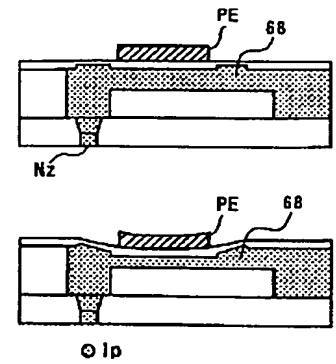
【図3】



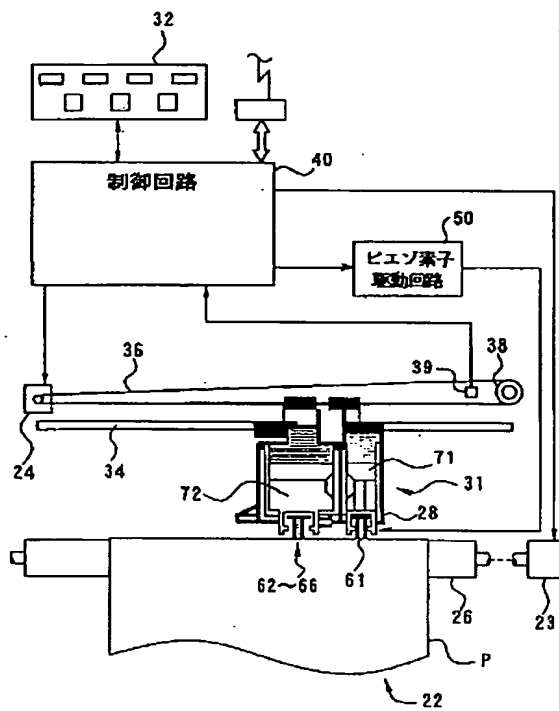
【図 2】



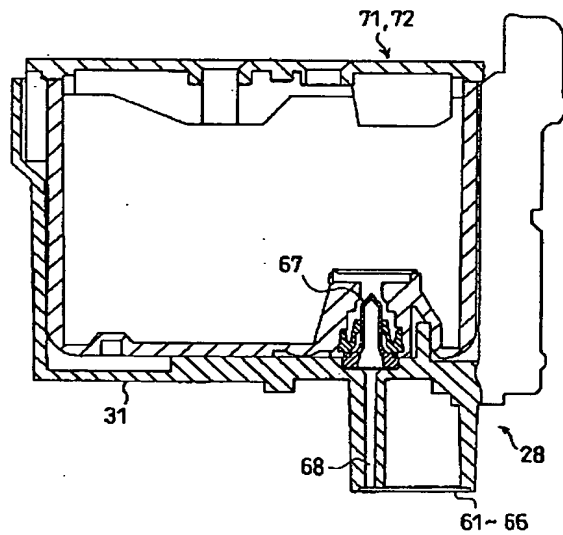
【図 6】



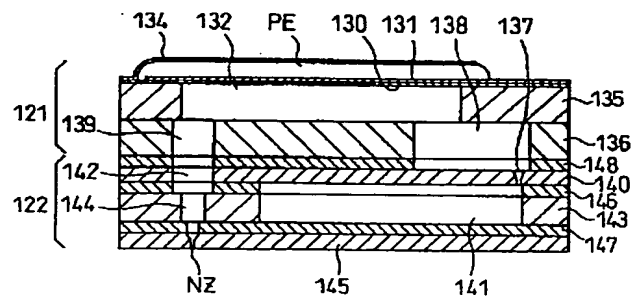
【図 4】



【図 5】

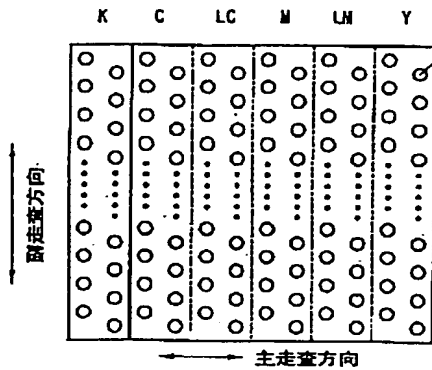


【図 7】

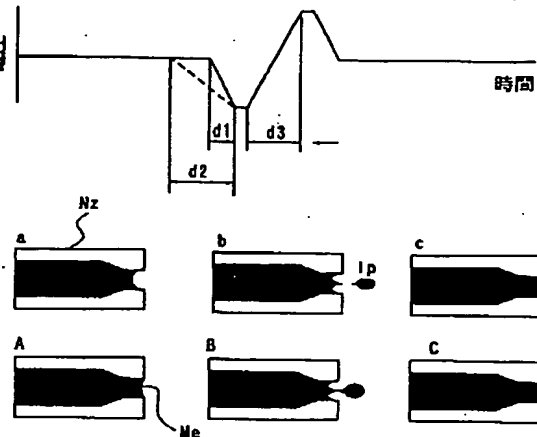




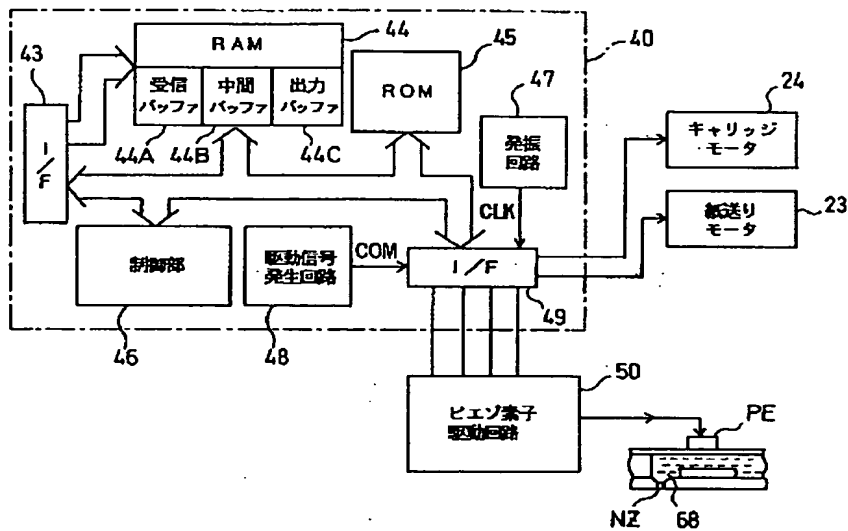
【図 8】



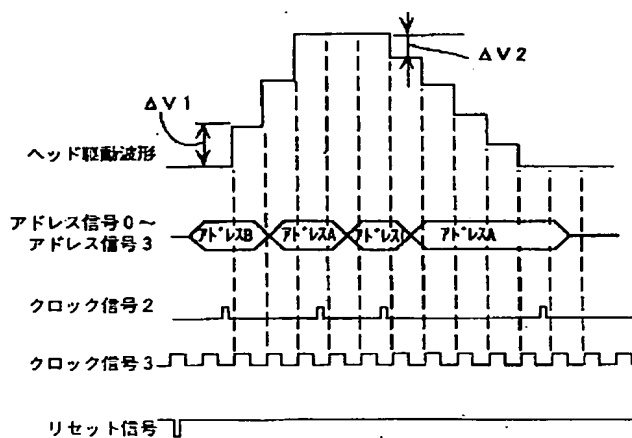
【図 9】



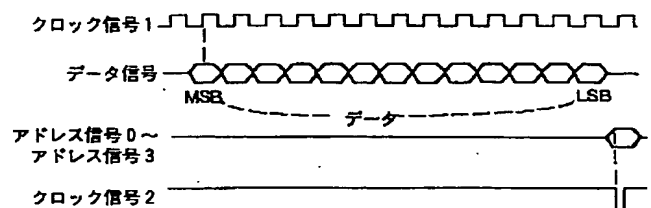
【図 10】



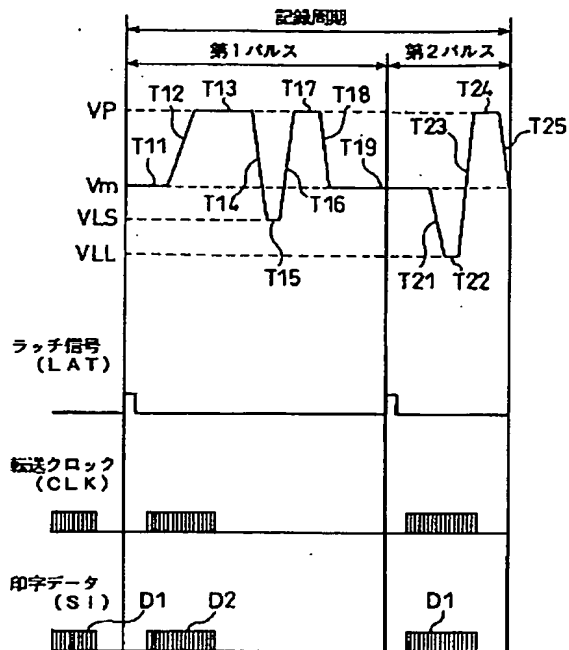
【図 13】



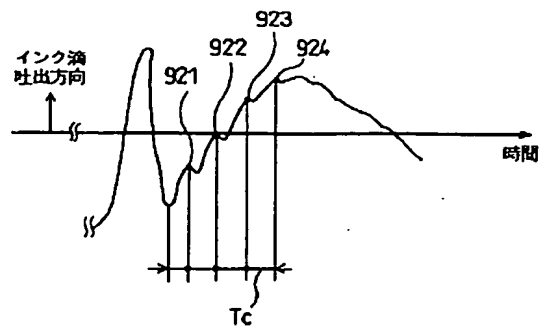
【図 14】



【図 11】



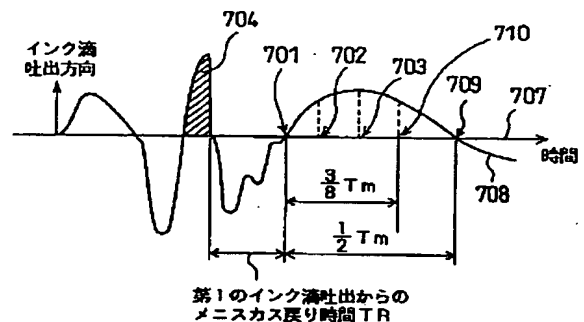
【図 24】



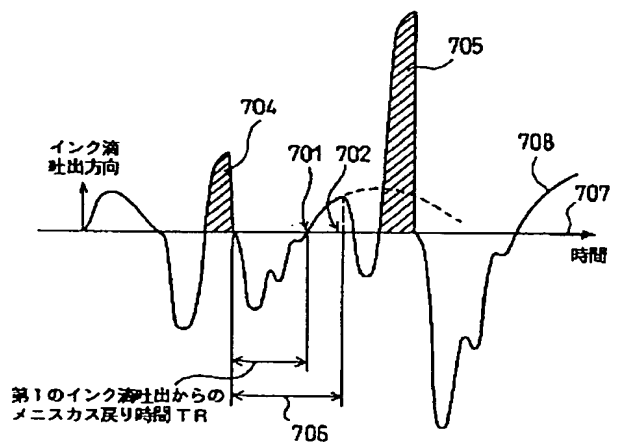
【図 16】

パルス選択	1記録周期あたりのインク滴重量	
第1パルスのみ	5 ng	(本実施例)
第2パルスのみ	10 ng	
第1パルス+第2パルス	20 ng	(本実施例)

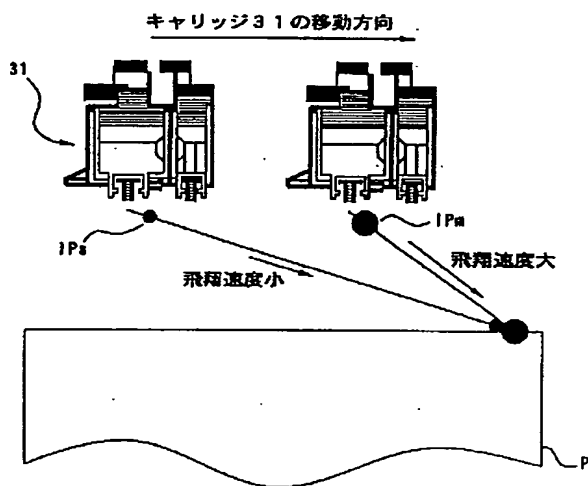
【図 17】



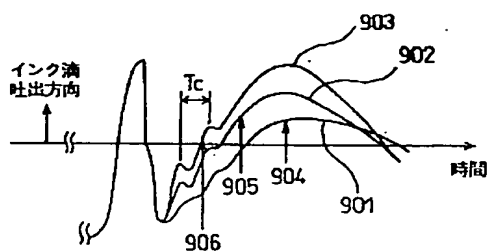
【図 18】



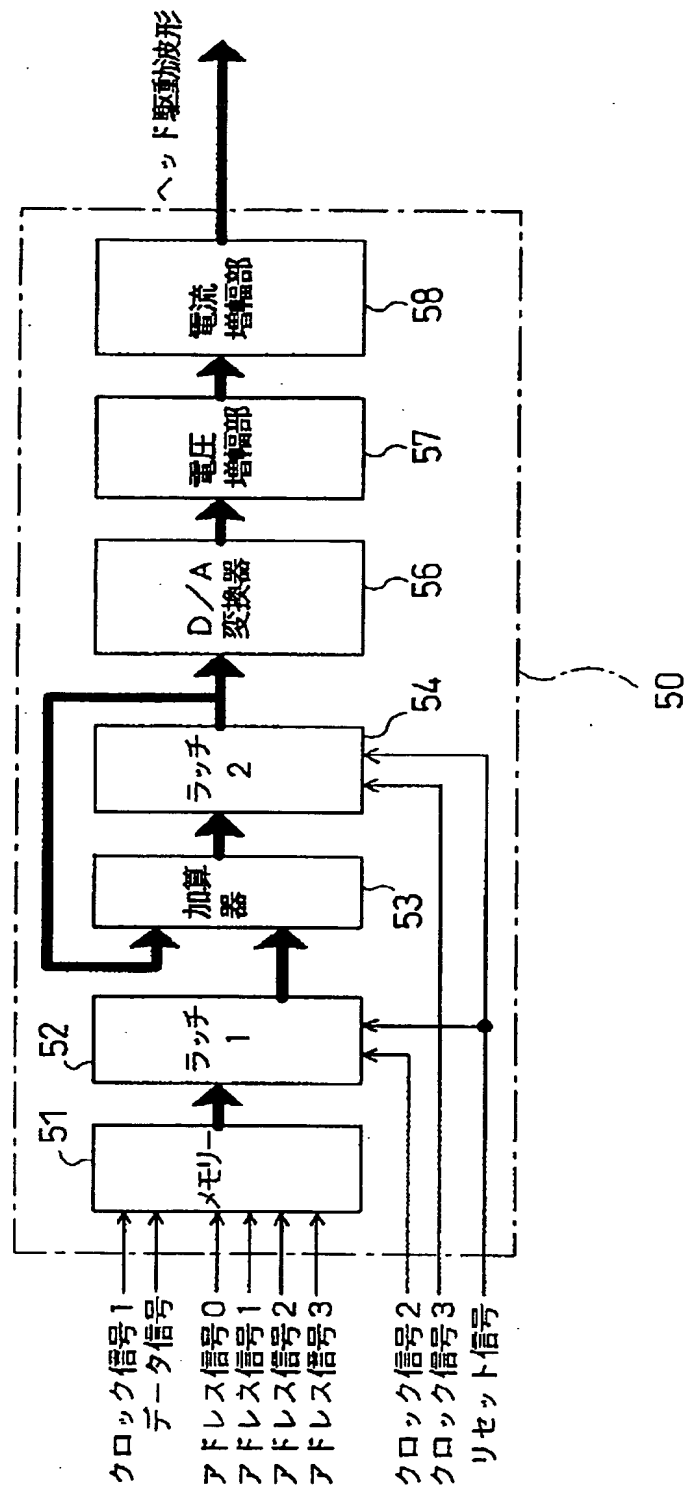
【図 15】



【図 22】

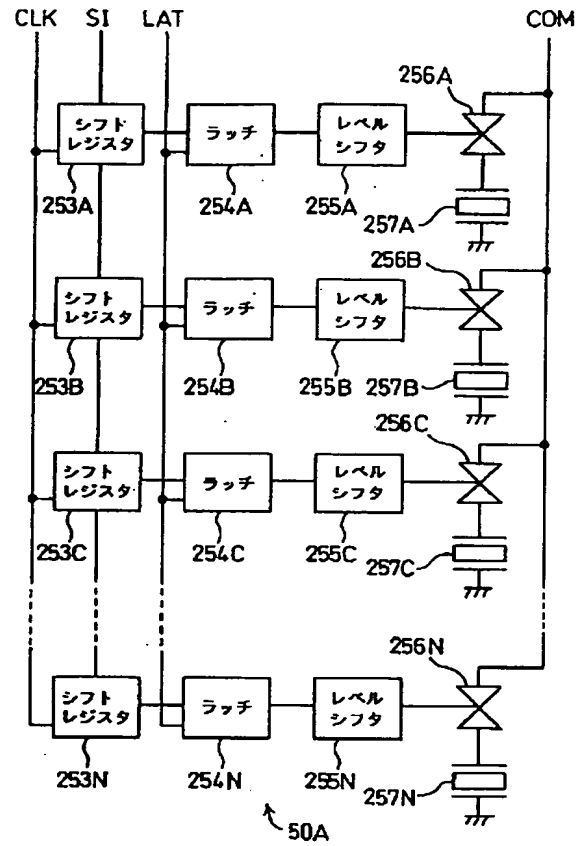


【図 12】



【図 20】

Figure 1 is a timing diagram for the first signal of the second pulse. The vertical axis represents signal level in nanovolts (nq), with markings at 0nq, 15nq, and 20nq. The horizontal axis represents time, with markings at 701, 702, 703, and 710. A curve labeled 'GI' starts at 0nq, rises to a peak of 20nq, and then falls back to 0nq. A horizontal line at 15nq is labeled '約30% up'. A vertical dashed line at 702 is labeled '3/8 Tm'. A horizontal double-headed arrow from 701 to 710 is labeled '第1のインク滴吐出からのメニスカス戻り時間'.



【図 2 3】

